

TUGAS AKHIR – RC141501

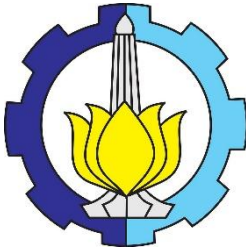
MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN
KALIBAMBANG KAB. BLITAR – KAB. MALANG
MENGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA

FARID ROZAQ LAKSONO

NRP 3115 105 056

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC141501

**MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN
KALIBAMBANG KAB. BLITAR – KAB. MALANG
MENGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA**

FARID ROZAQ LAKSONO

NRP 3115 105 056

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC141501

MODIFICATION OF BRIDGE DESIGN
KALIBAMBANG IN BLITAR-MALANG WITH STEEL
TRUSS ARCH BRIDGE

FARID ROZAQ LAKSONO

NRP 3115 105 056

Major Supervisor :

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT

Faculty of Civil Engineering and Planning

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN KALIBAMBABANG KAB. BLITAR – KAB. MALANG MENGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FARID ROZAQ LAKSONO

NRP. 3115105056

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Djoko Irawan, MS



**SURABAYA
JULI, 2017**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN KALIBAMBANG KAB. BLITAR – KAB. MALANG MENGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA

Nama Mahasiswa : Farid Rozaq Laksono
NRP : 3115105056
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

Abstrak

Secara umum, Jembatan Busur adalah jembatan yang mempunyai bentuk struktur setengah lingkaran dengan abutmen di kedua sisi jembatan. Pada prinsipnya, konstruksi dari jembatan busur dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja. Desain lengkung akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju abutment.

Dalam Penyusunan Tugas Akhir ini, Jembatan kali bambang Malang – Blitar ini didesain ulang menggunakan jenis Jembatan Busur Rangka Baja dengan lantai kendaraan di tengah dengan panjang bentang 160 meter. Pada perencanaannya, di dapatkan tebal pelat lantai kendaraan 20 cm. Profil gelagar memanjang yang digunakan yaitu WF 450x200x8x12 serta profil gelagar melintang WF 800x300x26x28. Selanjutnya, tahap perhitungan konstruksi pemikul utama dan pemikul sekunder dilakukan dengan menghitung beban-beban yang bekerja sehingga didapatkan profil box untuk rangka utama jembatan. Selanjutnya, dilakukan analisa perhitungan bangunan bawah jembatan yang menghasilkan dimensi abutment 12x12x12 meter serta kebutuhan tiang pancang jembatan 42 buah. Pada akhir perhitungan, didapatkan hasil perhitungan erection rangka utama jembatan dengan metode kantilever setengah bentang. Hasil perhitungan dituangkan dalam gambar teknik standar.

Kata Kunci: Jembatan Busur, Jembatan Busur Rangka Baja.

MODIFICATION OF BRIDGE DESIGN KALI BAMBANG IN MALANG – BLITAR USING STEEL TRUSS ARCH BRIDGE

Name : Farid Rozaq Laksono
NRP : 3115105056
Department : Civil Engineering
Major Supervisor : Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

Abstract

In general, the arch Bridge is a bridge that Has a semicircular shape with abutments on both sides of the bridge. In principle, the construction of the arc bridge may give a horizontal reaction due to the working vertical load. The curved design will divert the load received to the floor of the bridge vehicle to the abutment.

In Preparation of this Final Project, Bridge bambang Malang - Blitar is redesigned using the type of Bridge Steel Frame with the floor of the vehicle in the middle with a span of 160 meters. In the planning, in getting thick plate floor 20 cm vehicle. The elongated Beam profile used was WF 450x200x8x12 and the WF 800x300x26x28 transverse Beam profile. Furthermore, the calculation phase of the main and secondary bearer construction is done by calculating the work loads so as to obtain the profile box for the main frame of the bridge.

Furthermore, the calculation of building calculations under the bridge that produce 12x12x12 meter abutment dimensions and the need for bridge piles 42 pieces. At the end of the calculation, we get the result of calculation of erection of main frame of bridge with half cantilever cantilever method. The results in standard engineering drawings.

Keywords : Arch Truss Bridge, Bridge Kalibambang

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul : “MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN KALIBAMBANG KAB. BLITAR – KAB. MALANG MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA”.

Penulis menyadari dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, maka dari itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan dalam pembuatan laporan.

Pada akhir kata, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

- Bapak Sasmoko dan Ibu Tri Agustina sebagai Orang Tua.
- Bapak Dr.Ir.Djoko Irawan, MS selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
- Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat baik bagi penulis sendiri maupun umum.

Surabaya, 14 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat	3
1.6 Data Perencanaan.....	4
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Definisi Jembatan Rangka Busur	7
2.4.1 Lantai Kendaraan Pada Jembatan	9
2.3 Bagian-Bagian Jembatan Rangka Busur (Konstruksi Bangunan Atas Jembatan).....	9
2.5 Perencanaan Pelat Lantai	9
2.6 Perencanaan Trotoar	9
2.7 Perencanaan Sandaran	10
2.8 Perencanaan Balok Lantai Kendaraan	10
2.9 Rangka Utama (Rangka Busur).....	10
2.10 Perencanaan Ikatan Lateral	12

2.11	Penggantung Lantai Kendaraan	13
2.12	Sambungan	14
2.14	Pembebanan.....	18
2.14.1	Beban Tetap.....	18
2.14.2	Beban Lalu Lintas	19
2.14.3	Beban truck “ T “	20
2.14.4	Factor Beban Dinamis.....	21
2.14.5	Rem.....	22
2.14.6	Pembebanan Pejalan Kaki	23
2.14.7.	Beban Tumbukan pada Penyangga Jembatan	23
2.14.8	Beban Aksi Lingkungan	24
2.15	Analisis Konstruksi Pelaksanaan (Staging Analysis).....	26
2.15.1	Analisis Sistem Rangka Baja	27
BAB III	29
METODOLOGI	29
3.1.	Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	29
3.2	Pengumpulan data.....	30
3.3.	Studi Literatur	31
3.4.	Preliminary Design	31
3.5.	Pembebanan	33
3.6.	Perencanaan Bangunan Atas.....	33
3.7	Tiang Sandaran dan Trotoar.....	33
3.8	Plat Lantai Kendaraan	33
3.9	Gelagar Memanjang Dan Gelagar Melintang.....	34
3.10	Penggantung Lantai Kendaraan (Batang Tarik) .	34
3.11	Rangka Utama	34
3.13	Sambungan	34
3.14	Analisa Gaya-Gaya pada Bangunan Atas.....	35
3.15	Kontrol Kekuatan dan Kestabilan Bangunan Atas	35
3.16	Pembebanan Pada Perletakan.....	35
3.16.1	Perencanaan Perletakan (<i>Pot Bearing</i>).....	35
3.16.2	Kontrol Kestabilan Perletakan	36

3.16.3	Analisa Konstruksi Pelaksanaan (<i>Staging Analysis</i>)	36
3.16.4	Pengecekan Pembebanan Tak Terduga (<i>Accidental Load</i>)	36
3.17	Hasil dan Pembahasan	37
BAB IV		39
PRELIMINARY DESIGN		39
4.1	Geometri Busur	39
4.2	Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan	40
4.3	Perencanaan Kerb	40
4.4	Perencanaan Sandaran	40
4.5	Perencanaan Gelagar	40
4.6	Perencanaan Penggantung	41
4.7	Perencanaan Rangka Jembatan	41
4.8	Perencanaan Ikatan Jembatan	41
BAB V		43
STRUKTUR SEKUNDER		43
5.1	Perencanaan Tiang dan Pipa Sandaran	43
5.1.1	Perhitungan Momen dan Pipa Sandaran	44
5.1.2	Cek Kekuatan Profil Pipa Sandaran	44
5.1.3	Perencanaan Tiang Sandaran	45
5.1.4	Perencanaan Sambungan Las Tiang Sandaran	46
5.2.1	Tebal Plat Lantai	46
5.2.2	Pembebanan	47
5.2.3	Penulangan Plat Kendaraan	48
BAB VI		53
PERENCANAAN GELAGAR MEMANJANG DAN		53
GELAGAR MELINTANG		53
6.1.	Perencanaan Gelagar Memanjang	53
6.1.1.	Pembebanan	54
6.1.2.	Hasil Analisa Gaya Dalam	56

6.1.3.	Analisa Kapasitas Profil.....	56
6.2.1.	Pembebanan	62
6.2.2.	Hasil Analisa Gaya Dalam.....	64
6.2.4.	Kebutuhan Shear Connector	70
6.3	Analisa Sambungan.....	71
PERENCANAAN PEMIKUL UTAMA	75	
7.1	Umum.....	75
7.2.1.	Pembebanan Penggantung	77
7.2.2	Analisa Kapasitas Profil.....	78
7.4.	Cek Penampang Busur.....	88
7.5.	Portal Akhir	94
7.5.1.	Balok Portal Akhir	94
7.5.2	Kolom Portal Akhir	95
BAB VIII	103	
PERENCANAAN IKATAN ANGIN	103	
8.1.	Ikatan Angin	103
8.1.1.	Ikatan Angin Pada Konstruksi Busur Atas	103
8.1.2.	Ikatan Angin Pada Konstruksi Busur Bawah.....	106
8.1.3.	Ikatan Angin Pada Lantai Kendaraan	109
8.2.	Pengaku Rangka Busur (<i>Bracing</i>)	112
8.2.1.	<i>Bracing</i> Melintang (WF 500.200.10.16)	112
8.2.2.	<i>Bracing</i> Silang	116
SAMBUNGAN RANGKA UTAMA	121	
9.1.	Sambungan Tipe A.....	121
9.2.	Sambungan Tipe B.....	125
BAB X.....	131	
PERLETAKAN	131	
10.1	Perencanaan Perletakan.....	131
BAB XI	137	
STAGING ANALYSIS	137	
11.1	Tahapan Staging Analysis	137

PENUTUP	151
DAFTAR PUSTAKA.....	153
BIODATA PENULIS	155

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 1Peta Lokasi Kegiatan.....	4
Gambar 1 2 Peta Lokasi Proyek.....	5
Gambar 1 3 Situasi Rencana	5
Gambar 1 4 Potongan Memanjang Eksisting	5
Gambar 2 1Jembatan tipe “Deck Arch”(Syum, 2015 7	
Gambar 2 2Jembatan tipe “Through Arch” (Syum,	8
Gambar 2 3Jembatan tipe “A Half – Through Arch”.....	8
Gambar 2 4Jenis Las Tumpul (Ningsi, 2013)	15
Gambar 2 5Jenis Las Sudut (Nabawi, 2014).....	15
Gambar 2 6Jenis Gaya yang dipikul pada Sambungan Baut.....	16
Gambar 2 7Tipe-Tipe Pot Bearing	17
Gambar 2 8Beban Lajur “D”.....	19
Gambar 2 9 Beban Truck “T”	21
Gambar 2 10Faktor beban dinamis untuk beban lajur“D”	22
 Gambar 3 1 Diagram Alir	 29
Gambar 3 2Tampak modifikasi Potongan Memanjang Jembatan Kalibambang	 31
Gambar 3 3Permodelan Perletakan Jembatan Modifikasi.....	35
Gambar 3 4Permodelan Metode Balance Cantilever	36
 Gambar 4 1Arah memanjang Jembatan	 39
Gambar 4 2Arah Melintang Jembatan	40
 Gambar 5 1Tiang Sandaran.....	 43
Gambar 5 2Permodelan Plat Kendaraan (satuan mm)	46
Gambar 5 3Kontak Bidang Geser Pons (satuan cm)	50
 Gambar 6 1Permodelan Gelagar Memanjang	 53
Gambar 6 2Penampang Gelagar Memanjang.....	59
Gambar 6 3Gelagar Melintang.....	61
Gambar 6 4Pembebanan Pra-Komposit dan Post Komposit	63
Gambar 6 5Bentuk Penampang Melintang (satuan mm)	71
 Gambar 7 1Bentuk Pemikul Utama	 76
Gambar 7 2Rencana Profil Pengantung	78

Gambar 7 3Segmen Busur	80
Gambar 7 4Permodelan Beban Mati.....	81
Gambar 7 5Permodelan Beban Hidup Pembebanan untuk beban hidup yang terdiri dari beban BTR dan BGT	82
Gambar 7 6Permodelan Beban Angin Kendaraan	84
Gambar 7 7eta Respon Spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probalitas terlampaui 7% dalam 75 Tahun (SS)	85
Gambar 7 8Peta Respon Spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar untuk probalitas terlampaui 7% dalam 75 Tahun (S1).....	85
Gambar 7 9Grafik Response Spectrum di Blitar	86
Gambar 7 10Penampang Profil.....	88
Gambar 7 11Permodelan Portal Akhir.....	94
Gambar 7 13Gaya Momen dan Aksi Arah sumbu x	101
 Gambar 8 1Ikatan Angin Tinjauan ½ Bentang Jembatan	103
Gambar 8 2Permodelan Pengaku Rangka Busur	112
Gambar 8 3Permodelan Sambungan Bracing Silang	119
 Gambar 9 1Sambungan Tipe A	121
Gambar 9 2Tampak Samping Sambungan	125
Gambar 9 3Sambungan Penampang	129
Gambar 9 4Sambungan Penampang	129
 Gambar 10 1 Model Perletakan.....	131
Gambar 10 2 Pot Bearing Tipe Fixed	134
Gambar 10 3Pot Bearing Tipe Free	134
Gambar 10 4 Bearing Tipe Guided.....	135
 Gambar 11 1Ilustrasi Stage 1	137
Gambar 11 2Ilustrasi Stage 2.....	138
Gambar 11 3 Ilustrasi Stage 3.....	138
Gambar 11 4 Ilustrasi Stage 4.....	138
Gambar 11 5 Ilustrasi Stage 5.....	139
Gambar 11 6 Ilustrasi Stage 6.....	139
Gambar 11 7 Ilustrasi Stage 7	139
Gambar 11 8 Ilustrasi Stage 8.....	140
Gambar 11 9 Ilustrasi Stage 9.....	140
Gambar 11 10 Ilustrasi Stage 10.....	140
Gambar 11 11 Ilustrasi Stage 11	141

Gambar 11 12 Ilustrasi Stage 12	141
Gambar 11 13 Ilustrasi Stage 13	141

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1Berat Isi Untuk Beban Mati	18
Tabel 2 2Faktor Beban Mati Tambahan.....	19
Tabel 2 3Faktor Beban Lajur “D”	20
Tabel 2 4Faktor Beban Truk “T”	21
Tabel 2 5Faktor Beban Rem	23
Tabel 2 6 Faktor Beban Pejalan Kaki.....	23
Tabel 2 7 Variasi Temperatur	24
Tabel 2 8Koefisien Perpanjangan dan Modulus Elastisitas Bahan	24
Tabel 2 9Faktor Beban Temperatur	25
Tabel 2 10Lendutan ekivalen untuk tumbukan batang kayu	25
 Tabel 6 1Kombinasi pembebanan	 56
Tabel 6 1Kombinasi pembebanan	56
Tabel 6 2Hasil analisa struktur dengan SAP 2000	56
Tabel 6 3Kombinasi pembebanan	64
Tabel 6 3Kombinasi pembebanan	64
Tabel 6 4Hasil analisa struktur dengan SAP2000	65
 Tabel 7 1Panjang Penggantung	 76
 Tabel 11 1 GAYA KABEL PENARIK JEMBATAN	 143
Tabel 11 2 GAYA KABEL PENAHAN TEMPORARY TOWER	144
Tabel 11 3 Deformasi per stage	144

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam era globalisasi ini, transportasi merupakan bagian penting dalam kehidupan bermasyarakat. Hampir seluruh aspek kehidupan masyarakat saat ini membutuhkan kegiatan transportasi.

Secara umum, transportasi dapat diartikan sebagai kegiatan pemindahan manusia atau barang dari suatu tempat ke tempat

lainnya dengan menggunakan kendaraan. Disamping itu, aspek utama yang menunjang proses transportasi itu sendiri adalah prasarana, yaitu jalan, jembatan, dan lain-lain.

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyebrangi suatu rintangan sungai, rel kereta api, ataupun jalan raya. Jembatan pun telah memiliki variasi bentuk desain, material, dan fungsi yang bermacam-macam. Dengan semakin meningkatnya mobilitas dan aktifitas manusia mendorong kemajuan dalam pembangunan infrastruktur jembatan.

Jembatan Kalibambang terletak di Wilayah kab. Malang kab Blitar, Jawa Timur. Jembatan ini merupakan salah satu akses utama transportasi dalam penghubung kab. Malang – kab. Blitar yang membentang untuk memotong jalan yang tadinya berkelok dan sulit untuk lebih mudah namun berada di atas sungai – sungai yang berada di sana.

Jembatan ini memiliki lebar lantai kendaraan 9 meter dengan panjang total 160 meter yang terbagi dalam 4 bentang dengan panjang 50,6 meter, 50,6 meter, 40,6 meter, dan 20,6 meter. Dengan semakin meningkatnya volume lalu lintas kendaraan dan melihat kondisi jalan yang berkelok sehingga dilakukan pembangunan jembatan beton pratekan namun kondisi yang ada kurang cocok untuk di terapkan.

Dalam Tugas Akhir ini, direncanakan Jembatan menggunakan Busur Rangka Baja. Pada perencanaannya, Jembatan ini terdiri dari satu bentang busur rangka baja

dengan bentang 162,5 meter. Dipilihnya Jembatan Busur Rangka Baja pada jembatan ini karena untuk bentang 60-500 meter akan lebih efektif menggunakan Jembatan Busur Baja. Adapun pemberian bentuk busur itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan gelagar paralel (Victor, 1980). Selain itu dari segi arsitektural, Jembatan Busur memiliki nilai lebih dan dapat memberi kesan monumental karena masih belum banyak perencanaan jembatan di Indonesia yang menggunakan rangka busur.

Dengan adanya desain baru konstruksi Jembatan Kalibambang ini diharapkan mampu menjadi solusi dalam merancang sebuah jembatan yang kuat secara struktural, baik terhadap beban gempa dan beban dinamis jembatan. Adapun untuk sistem busur yang dipakai selain lebih efisien dari segi material, juga diharapkan mampu memberikan nilai lebih dalam segi estetika dan kesan monumental.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan utama yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merencanakan modifikasi Jembatan Kali bambang dengan menggunakan busur rangka baja? Permasalahan utama tersebut kemudian dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan *Preliminary design* penampang elemen struktur Jembatan Kalibambang ?
2. Bagaimana menganalisa pembebanan jembatan busur ?
3. Bagaimana memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program SAP 2000 ?
4. Bagaimana merencanakan struktur bangunan atas pada jembatan Kalibambang ?
5. Bagaimana metode pelaksanaan dalam perencanaan busur Rangka baja
6. Bagaimana mengaplikasikan kedalam gambar teknik yang sesuai dengan perencanaan dan perhitungan pada jembatan

1.3. Tujuan

Dalam tugas akhir ini, tujuan utama yang ingin dicapai adalah dapat merencanakan struktur Jembatan Kali bambang Kab. Malang – Kab . Blitar menggunakan busur rangka baja. Sedangkan untuk tujuan utama dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Dapat menentukan *Preliminary design* penampang elemen struktur Jembatan Kalibambang
2. Dapat menganalisa pembebanan jembatan busur.
3. Dapat memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program bantu SAP 2000.
4. Dapat merencanakan bangunan atas jembatan Kalibambang yang sesuai.
5. Dapat merencanakan metode pelaksanaan dari konstruksi Jembatan Busur yang sesuai.
6. Dapat menuangkan hasil perancangan ke dalam bentuk gambar teknik yang sesuai dengan standar

1.4. Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini perlu difokuskan sehingga diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas analisa rencana anggaran biaya dan waktu
2. Tidak meninjau aspek arsitektural, *mechanical* dan *electrical*
3. Tidak merencanakan perkerasan dan desain jalan pendekat
4. Perencanaan ini hanya membahas struktural atas dan tidak membahas struktur bawah
5. Metode pelaksanaan hanya untuk *erection* rangka utama jembatan

1.5. Manfaat

Manfaat yang bisa diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah dengan meningkatnya volume arus lalu lintas yang terus meningkat, jembatan yang baru ini dapat menampung dan melayani volume lalu lintas yang ada dengan tingkat keamanan dan kenyamanan yang sesuai.

Dengan desain Jembatan Busur Kalibambang yang baru dan lebih ikonik, jembatan ini diharapkan dapat menjadi ikon baru bagi kab. Malang – kab. Blitar dan memberi kesan monumental.

Untuk dunia keteknik sipil, dengan adanya desain baru Jembatan Kali Bambang ini diharapkan jembatan busur baja dapat menjadi inspirasi jembatan masa depan yang lebih modern.

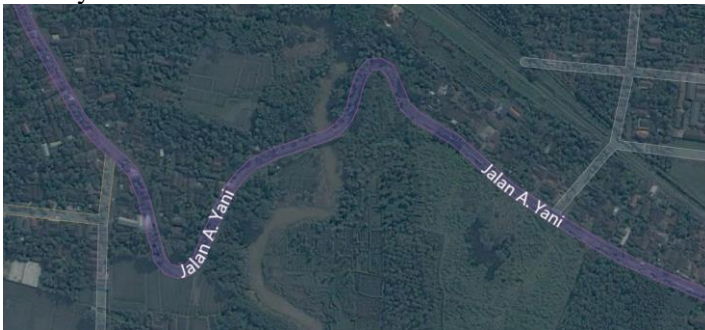
Dan manfaat untuk penulis sendiri yaitu dapat meningkatkan pengetahuan dan *skill* dalam ilmu perencanaan jembatan, khususnya Jembatan Busur Rangka Baja.

1.6 Data Perencanaan

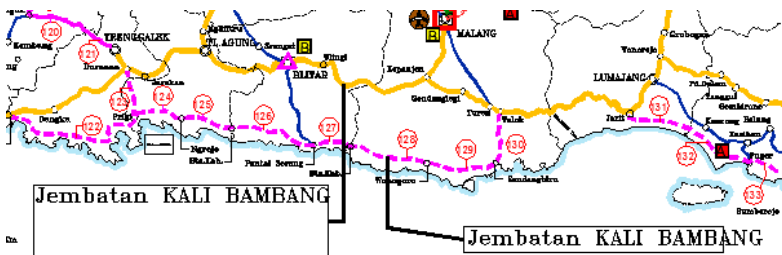
Sebagai dasar dalam merencanakan struktur Jembatan Busur Rangka Baja ini diperlukan data-data perencanaan. Dari data-data perencanaan tersebut kemudian dilakukan perhitungan-perhitungan.

Data-data perencanaan yang diperlukan akan diuraikan berikut ini :

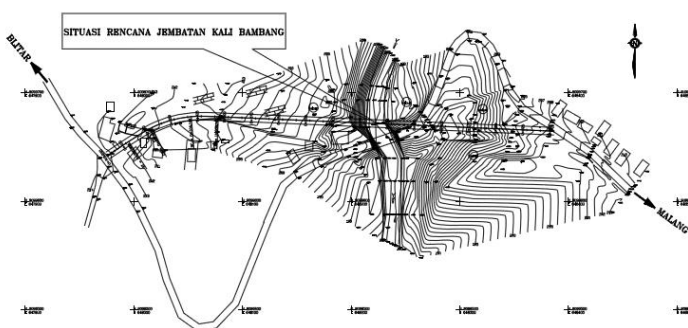
Lokasi Proyek



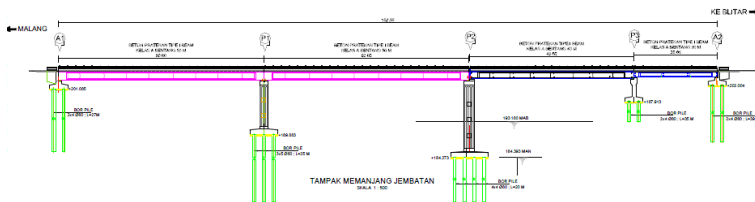
Gambar 1 1Peta Lokasi Kegiatan



Gambar 1 2 Peta Lokasi Proyek



Gambar 1 3 Situasi Rencana



Gambar 1 4 Potongan Memanjang Eksisting

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Menurut (Struyk dan Veen, 1984), Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang tidak sebidang dan berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya berupa jalan air (sungai) atau jalan lalu lintas biasa.

Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknik dan estetika-arsitektural yang meliputi: aspek lalu lintas, aspek teknis dan aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Dalam merencanakan sebuah jembatan terdapat beberapa pertimbangan dalam segi ekonomis maupun teknis yang disesuaikan dengan tingkat kebutuhan. Pada perkembangannya, berbagai macam dan bentuk serta material jembatan mengalami perubahan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi terkini.

2.2. Definisi Jembatan Rangka Busur

Jembatan rangka busur adalah suatu struktur jembatan yang rangkanya menyerupai bentuk busur yang dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal dari bangunan atas yang bekerja. Berdasarkan posisi lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk dari jembatan busur yang umum dipakai, diantaranya:

Deck Arch

Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu – lintas secara langsung dan berada di bagian paling atas busur. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar

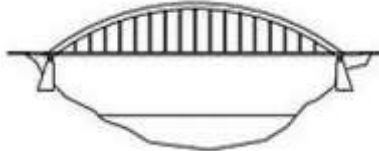
2.1



Gambar 2.1 Jembatan tipe "Deck Arch" (Syum, 2015)

Through Arch

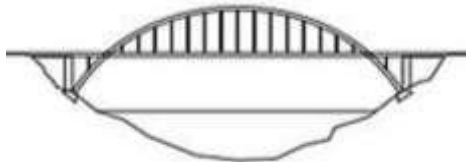
Merupakan jenis lainnya, dimana letak daripada lantai jembatan terdapat tepat di springline busurnya. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.2



Gambar 2 2Jembatan tipe "Through Arch" (Syum,

A Half – Through Arch

Merupakan salah satu jenis lainnya, dimana lantai jembatan terletak di antara springline dan bagian paling atas busur atau di tengah – tengah. Pada umumnya, jembatan busur banyak yang menggunakan tipe A Half – Through dan Through Arch untuk menghindari agar pangkal busurnya tidak terendam oleh air. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.3



Gambar 2 3Jembatan tipe "A Half – Through

Untuk busur dengan batang tarik, bentuk busurnya disesuaikan dengan pembagian momen yang dilimpahkan ke batang tarik. Bila busurnya lebih kaku daripada batang tarik, maka busur akan lebih banyak menerima momen. Dan apabila busurnya lebih lemah batang tarik, maka akan lebih banyak menerima momen. (Diklat Kuliah, Hidajat Sugihardjo).

Ada beberapa pertimbangan dalam pemilihan jenis konstruksi busur dan bentuk busur, diantaranya adalah:

- Kondisi Tanah Dasar
- Memilih tebing yang kuat
- Bila kaki busur terendam, bila menggunakan lantai kendaraan ditengah atau dibawah.
- Bila tanah kurang kuat, bisa dipasang batang tarik
- Besarnya Beban

- Bila bebannya berat, dapt menggunakan busur rangka
- Bila bebannya tidak terlalu berat dapat menggunakan busur dinding penuh atau *box*.

Panjang Bentang

Bentanng 60-250 m, digunakan dinding penuh atau rangka

Bentang 250-600 m, digunakan rangka

Estetika

Busur dengan penampang tengah lebih kecil memberikan kesan langsing

Penampang busur yang berupa dinding penuh memberikan kesan tenang.

2.4.1 Lantai Kendaraan Pada Jembatan

Lantai jembatan termasuk ke dalam struktur bangunan atas (*Super structure*). Bagian ini yang berfungsi langsung untuk memikul beban lalu-lintas dan melindungi terhadap keausan.

2.3 Bagian-Bagian Jembatan Rangka Busur (Konstruksi Bangunan Atas Jembatan)

Merupakan bagian pembentuk konstruksi rangka jembatan yang melayanin beban-beban yang bekerja.

Berikut

elemen-elemen pembentuk jembatan, yaitu:

2.5 Perencanaan Pelat Lantai

Plat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai spesifikasi sesuai peraturan. Plat lantai yang direncanakan pada jembatan ini adalah plat lantai komposite.

2.6 Perencanaan Trotoar

Beban hidup pada kerb diperhitungkan sebesar 15 kN/m yang bekerja pada bagian atas kerb sepanjang jembatan dengan arah horizontal.

2.7 Perencanaan Sandaran

Sandaran pada jembatan berguna sebagai pembatas atau pengaman pejalan kaki yang melintas diatas jembatan agar tidak jatuh ke sisi luar jembatan. perencanaan sandaran disesuaikan dengan peraturan BMS, sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan yang bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang vertikal dan horizontal dengan masing-masing beban $W^*=0.75 \text{ kN/m}$.

2.8 Perencanaan Balok Lantai Kendaraan

Balok atau gelagar merupakan komponen struktur lentur yang tersusun dari beberapa elemen pelat. Penampang balok atau gelagar merupakan konsekuensi dari panjang bentang balok tersebut.

Dalam jembatan terdapat balok memanjang dan balok melintang. Balok memanjang menerima beban pelat lantai kendaraan. Sedangkan balok melintang meneruskan beban yang diterima balok memanjang ke struktur utama.

2.9 Rangka Utama (Rangka Busur)

Merupakan bagian dari struktur yang penting sekali karena seluruh beban di sepanjang beban jembatan dipikul olehnya. Bagian struktur ini mengubah gaya-gaya yang bekerja dari beban vertikal dirubah menjadi gaya horizontal tekan, sehingga menjadi keuntungan sendiri bagi jembatan tersebut. Dengan kelebihan utama dari jembatan busur yaitu adanya gaya tekan yang mendominasi gaya pada jembatan busur dan dengan adanya teknologi beton, baja, maupun komposit yang semakin maju, pada penggunaan material tersebut dapat mengurangi bobot jembatan dan meningkatkan panjang lantai jembatan. (Chen, WaiFah, Duan, Lian. Bridge Engineering Handbook. London.2000).

Berdasarkan bentuk-bentuk busur dibedakan sebagai berikut:

Penampang puncak lebih kecil dari penampang pangkal, umumnya untuk busur terjepit. Busur ini membagi beban antara busur dengan batang tarik dengan cara busur sangat kaku dibanding batang tarik sehingga momen sebagian besar dipikul busur.

Tinggi penampang sama untuk seluruh bagian busur, umumnya busur dinding penuh termasuk bentuk box. Busur ini membagi beban antara busur dengan batang tarik dengan cara busur sangat lemah dibanding batang tarik sehingga momen sebagian besar dipikul batang tarik.

Penampang puncak lebih besar dari penampang pangkal, umumnya untuk busur dua sendi.

Dalam perencanaan ini digunakan metode busur rangka baja. Selain harus memiliki kekuatan yang cukup, rangka batang juga harus memiliki tinggi lengkung busur yang cukup dan ideal sehingga kekuatan busur dapat optimum. Tinggi lengkung busur tergantung pada panjang bentang jembatan.

Elemen tarik atau tekan yang dilengkungkan menjadi busur lingkaran boleh direncanakan sebagai sistem rangka batang biasa, dengan syarat :

Deviiasi, δ , dari garis lurus yang menghubungkan titik-titik pertemuan pada ujung elemen tidak boleh \geq panjang garis lurus tersebut.

Penampang melintang adalah kompak
Jarak dari tepi badan ke ujung sayap, jika ada, harus memenuhi

$$b/t \leq R/6b \quad (2.1)$$

Dimana :

b = lebar bagian luar, diukur dari ujungnya terhadap:

- Baris pengencang terdekat yang
- menghubungkan dengan bagian pendukung dari unsur, atau
- Permukaan bagian pendukung demikian dalam hak konstruksi las
- Akar dari penampang digiling
 - t = tebal rata-rata bagian luar, atau tebal total dimana dua atau lebih bagian dihubungkan.
 - R = Jari-jari Lengkung. (mm)
- Lebar sayap yang tidak disokong memenuhi:

$$b/t \leq R/2b \quad (2.2)$$

Dimana :

b = Lebar flens tidak terdukung antara baris pengencang yang menghubungkan plat dengan bagian pendukung unsur, atau antara permukaan bagian pendukung demikian dalam hal konstruksi las, atau antara akar sudut dari penampang digiling. (mm)

t = Tebal rata-rata bagian luar dari flens, atau tebal total dimana dua atau lebih bagian dihubungkan. (mm)

R = Jari-jari Lengkung. (mm)

Beban melintang dengan intensitas merata dianggap bekerja dalam bidang lengkung sepanjang elemen, dan bekerja pada sisi cembung elemen tarik, atau sisi cekung elemen tekan, dan mempunyai nilai P^* / R dengan P^* adalah gaya aksial rencana dari elemen tersebut.

2.10 Perencanaan Ikatan Lateral

Ikatan yang kuat harus memiliki persyaratan menurut RSNI T – 03-2005 pasal 9.6.1 yaitu:

Semua beban dan pengaruh beban yang dihitung dapat disalurkan pada struktur pendukung. Sokongan tersedia pada semua titik buhul, konsisten dengan anggapan yang dipergunakan dalam penentuan panjang efektif batang tekan Sokongan tersedia pada setiap titik dimana gaya tekan bekerja pada batang diagonal dan/atau vertikal, akibat perubahan arah batang tepi (tanpa memperdulikan apakah batang tersebut batang tarik atau tekan)

Elemen ikatan dan sambungannya dengan batang tepi atas, atau dengan portal U yang menyokong batang tepi atas, harus direncanakan agar dapat menahan gaya-gaya lateral. Sokongan lateral harus disediakan untuk batang tekan sedemikian rupa agar gaya geser lateral berikut ini dapat ditahan pada semua potongan melintang dari jembatan.

- $\Sigma P_c^*/80$ apabila kombinasi beban mencakup gaya lateral (seperti beban angin)
- $\Sigma P_c^*/40$ apabila kombinasi beban tidak mencakup gaya lateral.

Dimana ΣP_c^* merupakan jumlah gaya aksial rencana terbesar yang terjadi bersama dalam setiap dua batang tepi pada potongan yang ditinjau.

2.11 Penggantung Lantai Kendaraan

Digunakan untuk menopang balok diantara dua tumpuan dan memindahkan beban tersebut ke rangka busur. Pemilihan memberikan pengaruh yang berlainan terhadap perilaku struktur terutama pada rangka busur dan tampang balok. Selain itu akan berpengaruh pula pada metode pelaksanaan, biaya dan arsitektur jembatan. Besaran gaya tarikan pada batang tarik disesuaikan dengan beban yang bekerja pada jembatan.

Karakteristik kabel kaitannya dengan struktur jembatan antara lain:

Mempunyai penampang yang seragam/homogen pada seluruh bentang Tidak dapat menahan momen dan gaya desak, Gaya-gaya dalam yang bekerja selalu merupakan gaya tarik aksial, Pada jembatan batang tarik berperan sebagai penggantung rantai kendaraan sehingga menderita beberapa beban titik sepanjang beban mendatar.

2.12 Sambungan

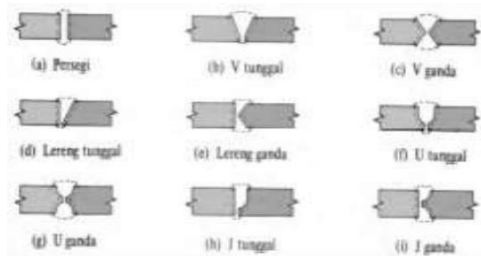
Setiap struktur adalah gabungan dari bagian-bagian tersendiri atau batang-batang yang harus disambung bersama (biasanya di ujung batang) dengan beberapa cara. Salah satu cara yang digunakan adalah pengelasan, cara lain ialah menggunakan alat penyambung seperti paku keling dan baut. (Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1- Charles G, Salmon). Sambungan ini harus mampu menyalurkan gaya-gaya yang bekerja dari satu komponen ke komponen lainnya.

A. Sambungan Las

Proses pengelasan merupakan proses penyambungan dua potong logam dengan pemanasan sampai keadaan plastis atau cair, dengan atau tanpa tekanan. Pada perencanaan ini digunakan *terminologi standart eletrode las E70XX* dimana memiliki tegangan leleh $\leq 413 - 448$ Mpa. Jenis E70XX merupakan elektroda yang paling banyak digunakan untuk las sudut dengan proses SMAW.

☐ Las Tumpul

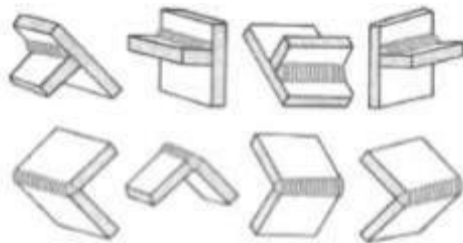
Las tumpul (*groove weld*) terutama dipakai untuk menyambung batang struktur yang bertemu dalam satu bidang. Karena las tumpul biasanya ditujukan untuk menyalurkan semua batang yang disambunginya. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.4 berikut :



Gambar 2 4Jenis Las Tumpul (Ningsi, 2013)

□ Las Sudut

Las sudut (*fillet weld*) bersifat ekonomis secara keseluruhan, mudah dibuat dan mampu beradaptasi. Las sudut terutama menguntungkan untuk pengelasan di lapangan, dan untuk menyesuaikan kembali batang atau sambungan yang difabrikasi dengan toleransi tertentu tetapi tidak cocok dengan yang dikehendaki. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.5 berikut :



Gambar 2 5Jenis Las Sudut (Nabawi, 2014)

B. Sambungan Baut

Ada dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja yang pertama adalah baut biasa yang dipakai pada struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder. Jenis yang kedua adalah baut tegangan tinggi, pada waktu pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung. (Amon, 1988)

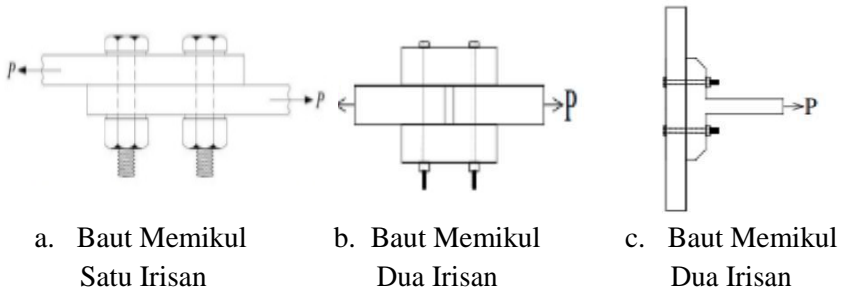
Berdasarkan gaya-gaya yang dipikul, terdapat jenis sambungan yang menggunakan baut sebagai alat penyambungannya, antara lain:

Sambungan dengan gaya lintang tunggal, dalam hal ini baut memikul satu irisan.

Sambungan dengan gaya lintang rangkap, baut memikul dua irisan. Kekuatan baut dua irisan dua kali daripada kekuatan baut satu irisan.

Tampang T yang digunakan sebagai batang gantung yang menimbulkan tegangan tarik pada baut.

Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.6 berikut :



Gambar 2.6 Jenis Gaya yang dipikul pada Sambungan Baut

Pada perencanaan ini baut yang digunakan baut mutu tinggi (HTB). Ada dua jenis baut mutu tinggi yang ditunjukkan oleh ASTM sebagai A325 dan A490. Baut ini memiliki kepala segi enam yang tebal dan digunakan dengan mur segi enam yang setengah halus dan tebal.





Sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut mutu tinggi harus menggunakan perhitungan tipe fiksi (*Friction*) yang dikencangkan untuk menimbulkan tarikan baut minimum yang disyaratkan sedemikian rupa sehingga gaya-gaya geser rencana disalurkan melalui jepitan yang bekerja dalam bidang kontak dan gesekan yang ditimbulkan antara bidang-bidang kontak.

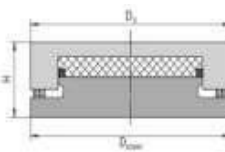
Pot bearing digunakan sebagai perletakan untuk konstruksi yang memiliki beban tinggi, pergeseran (*Deflection*) yang besar dan rotasi yang tinggi. Hal ini

dikarena pot bearing dapat mengatasi beban vertikal yang cukup besar sementara yang membutuhkan sedikit ruang, terutama dalam hal ketebalan.

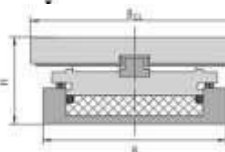
Pot bearing pada dasarnya terdiri dari elastomer tertahan dari pot logam. Pad ini kemudian ditekan oleh piston dengan bantalan yang menahan geser atau rotasi, tergantung pada desain yang dibutuhkan. Kemampuan gerakan dari pot bearing dapat diberikan dalam satu atau dua arah. Pot bearing dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: *Fixed (TF)*, *Guided (TGe)*, dan *Free (TGa)*. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 2.1 berikut :

Tabel 1 Tipe Pot Bearing

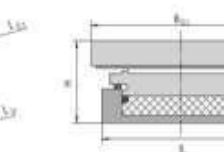
Type	Id	Symbol	DESIGN PARAMETERS					
			Reactions			Relative Movements		
			Loads			Displacement		
			N	V _x	V _y	V _x	V _y	V _z
Fixed	TF					None	None	None
Longitudinally guided	TGe		N		V _y	Sliding	None	None
Transversally guided	TGe		N	V _x		None	Sliding	Limited
Free	TGa		N			Sliding	Sliding	Deformation
								Deformation
								Deformation



Fixed pot bearing (TF)



Unilaterally mobile pot bearing (TGe)



Generally mobile pot bearing (TGa)

Gambar 2 Tipe-Tipe Pot Bearing

Dikutip : Brosur Mageba Bearing
Keuntungan menggunakan Pot Bearing , yaitu :
Daya tahan yang tinggi terhadap gaya horizontal yang besar dan mampu mendistribusikannya dengan aman.

Daya tahan yang tinggi terhadap beban dinamis dan siklus “fatigue”. Mengakomodasi rotasi

Tersedia kapasitas bervariasi dari 50 ton s/d 10000 ton

2.14 Pembebanan

Pembebanan pada jembatan dibutuhkan untuk menganalisa kebutuhan dimensi dari struktur jembatan. dimana dalam menganalisa pembebanan dilakukan pada saat beban layan dana beban selama proses pembangunan konstruksi. Besarnya pembebanan sesuai dengan peraturan SNI 1725:2016.

2.14.1 Beban Tetap

Berat sendiri

Merupakan berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. Faktor beban berat sendiri diatur pada SNI 1725:2016 7.1. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2 1Berat Isi Untuk Beban Mati

No	Bahan	Berat/Satuan isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Aspal Beton	22	2240
2	Beton	22.0-25.0	2240-2560
3	Beton prategang	25.0-26.0	2560-2640
4	Beton bertulang	23.5-25.5	2400-2600
5	Baja	77	7850

2. Beban mati tambahan / Superimposed Dead Load.

Merupakan berat seluruh bahan yang membentuk

suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Faktor beban mati diatur pada SNI 1725:2016 7.2.

Dalam Perhitungan, beban mati harus dikalikan dengan faktor. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 2.4 berikut :

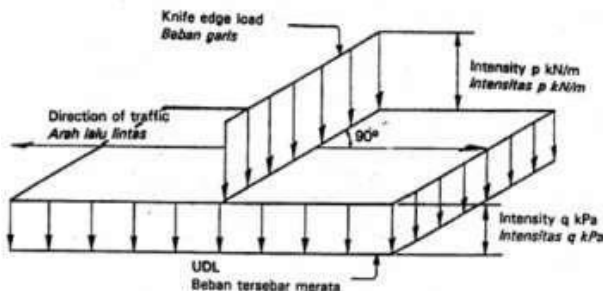
Tabel 2 2Faktor Beban Mati Tambahan

Jenis material	Faktor beban		
	K_{MS}^s	K_{MS}^U	
		Normal	Terkurangi
Baja, Alumunium	1,0	1,1	0,9
Beton pracetak	1,0	1,2	0.85
Beton cor setempat	1,0	1,3	0.75
Kayu	1,0	1,4	0,70

2.14.2 Beban Lalu Lintas

Beban lajur “D”.

Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suhu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan yang mempunyai bentang mulai dari sedang sampai panjang. Sesuai dengan SNI 1725:2016 8.3 beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (UDL) dan beban garis (KEL). Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.8 berikut :



Gambar 2 8Beban Lajur “D”

Besarnya nilai beban terbagi rata (UDL) tergantung panjang bentangnya, seperti berikut :

Dimana : Untuk $L \leq 30$ m : $q = 9$ kPa

Untuk $L > 30$ m : $q = 9 + 0,5 + 15/L$ kPa

q = beban terbagi merata sepanjang jembatan

L = Panjang total jembatan yang dibebani (meter)

Besarnya nilai beban garis (KEL) yaitu :

$$p = 49,0 \text{ kN/m}$$

Beban garis harus ditempatkan tegak lurus dari arah melintang jembatan.

Dalam perhitungan, beban lajur “D” harus dikalikan dengan faktor beban. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Faktor Beban Lajur “D”

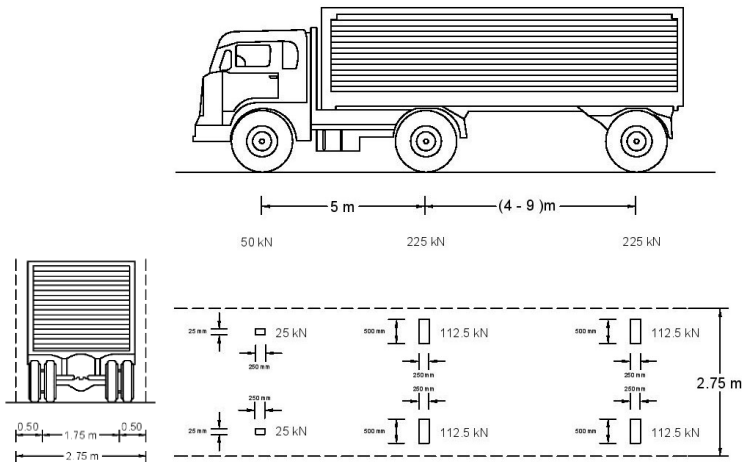
Jangka waktu	Faktor beban	
	K_{TD}^s	K_{TD}^U
Transien	1,0	2,0

2.14.3 Beban truck “ T “

Beban truck “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu-lintas rencana. Tiap as terdiri dari 2 bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” diterapkan per lajur lalu lintas rencana. Beban “T” digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

Berdasarkan SNI 1725:2016 8.4 pembebanan truk terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang memiliki susunan dan berat as seperti terlihat dalam gambar 2.8 Berat dari masing – masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut antara 4 m sampai 9 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Kendaraan truck harus diasumsikan berada ditengah lajur lalu-lintas dari arah memanjang jembatan. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2 9 Beban Truck “T”

Dalam perhitungan, beban truk “T” harus dikalikan dengan faktor beban. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 2.4 berikut :

Tabel 2 4Faktor Beban Truk “T”

Jangka waktu	Faktor beban	
	K_{TT}^S	K_{TT}^U
Transien	1,0	2,0

2.14.4 Factor Beban Dinamis

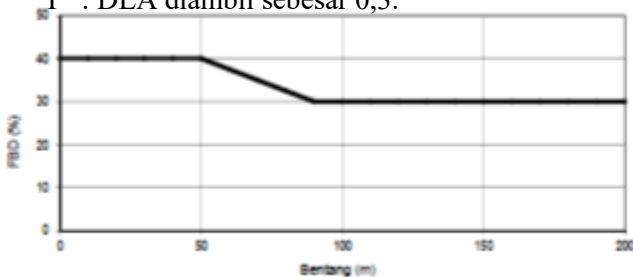
Factor beban dinamis (DLA) merupakan suatu interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya DLA tergantung dari frekuensi dasar dari suspense kendaraan, biasanya antara 2 - 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. DLA dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.

Untuk pembebanan “D” : DLA merupakan fungsi dari panjang bentang ekivalen, diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekivalen LE diberikan dengan rumus :

$$L_E = \sqrt{L_{av} L_{max}}$$

Dimana :

L_{ev} = panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus. L_{max} = panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus. Untuk pembebanan truk “T” : DLA diambil sebesar 0,3.



Gambar 2.10 Faktor beban dinamis untuk beban lajur “D”

Nilai FBD untuk beban truk dinyatakan persentase. Pada Gambar 2.10 merupakan grafik yang digunakan untuk mencari nilai DLA.

2.14.5 Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu-lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem diatur dalam SNI 1725:2016 ps 8.7.

Dalam perencanaan gaya rem tidak boleh digunakan tanpa beban lalu lintas vertikal yang bersangkutan. Dalam hal ini dimana pengaruh beban lalu lintas vertikal dapat mengurangi pengaruh dari gaya rem.

Dalam perhitungan, beban rem harus dikalikan faktor. Dapat dilihat pada Tabel.2.6.

Tabel 2 5 Faktor Beban Rem

Jangka waktu	Faktor beban	
	K_{TB}^S	K_{TB}^U
Transien	1,0	1,8

2.14.6 Pembebanan Pejalan Kaki

Sesuai dengan peraturan SNI 1725:2016 8.9 semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m² dari luas yang dibebani. Apabila trotoar memungkinkan bias digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20kN.

Dalam perhitungan, beban pejalan kaki harus dikalikan faktor.

Tabel 2 6 Faktor Beban Pejalan Kaki

Jangka waktu	Faktor beban	
	K_{TP}^S	K_{TP}^U
Transien	1,0	1,8

2.14.7. Beban Tumbukan pada Penyangga Jembatan

Pilar yang mendukung jembatan yang melintas jalan raya, jalan kereta api, dan navigasi sungai harus direncanakan mampu menahan beban tumbukan. Pilar harus mampu menahan beban statis ekuivalen sebesar 100 kN yang bekerja membentuk sudut 10⁰ dengan sumbu jalan yang terletak dibawah jembatan. Beban bekerja 1,8 m diatas permukaan jalan. Untuk beban tumbukan kapal, dapat diantisipasi dengan penggunaan fender terpisah dari pilar jembatan.

2.14.8 Beban Aksi Lingkungan

Beban Temperatur

Variasi temperatur ditetapkan sebagai berikut.

Tabel 2 7 Variasi Temperatur

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Minimum	Temperatur Maksimum
Lantai beton diatas balok atau boks beton	15°C	40°C
Lantai beton diatas balok, boks atau rangka baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja diatas balok, boks, atau rangka baja	15°C	45°C
Catatan : Temperatur minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi diatas 500 mdpl		

Besarnya pergerakan dan gaya yang terjadi akibat beban temperatur tergantung dari koefisien perpanjangan dan modulus elastisitas dari material yang dipakai pada jembatan, seperti ditetapkan pada tabel berikut.

Tabel 2 8Koefisien Perpanjangan dan Modulus Elastisitas Bahan

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	12×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	200
Beton :		
Kuat tekan <30 MPa	10×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	25
Kuat tekan >30 MPa	11×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$	34

Besarnya Besarnya beban temperatur, harus dikalikan dengan faktor.

Tabel 2 9 Faktor Beban Temperatur

Jangka waktu	Faktor beban		
	K_{ET}^s	K_{ET}^U	
		Biasa	Terkurangi
Transien	1,0	1,2	0,8

Beban tumbukan Batang Kayu

Berdasarkan SNI 1725:2016 9.4 dengan menganggap bahwa batang dengan massa minimum sebesar 2 ton hanyut pada kecepatan aliran rencana harus bisa ditahan dengan gaya maksimum berdasarkan lendutan elastis ekuivalen dari pilar. Lendutan ekivalen untuk tumbukan batang kayu pada tabel 2.10

Tabel 2 10 Lendutan ekivalen untuk tumbukan batang kayu

Tipe Pilar	d (m)
Pilar beton masif	0.075
Tiang beton perancah	0.150
Tiang kayu perancah	0.300

3. Beban Angin

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Perencanaan jembatan rangka mengacu pada peraturan SNI 1725:2016 9.6

Luas ekivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30% dari load yang dibatasi oleh batang-batang bagian luar.

Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Dan apabila suata kendaraan sedang melintasi jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai.

4. Beban Gempa

Dalam suatu perencanaan jembatan harus memperhitungkan beban akibat pengaruh terjadinya gempa. Pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimate.

Pada Jembatan direncanakan dengan kemungkinan gempa terlampaui adalah 7% dalam 75 tahun.

Penentuan gaya gempa berdasarkan SNI 1725:2016 adalah:

$$E_Q = C_{sm} / R_d \times W_t \quad (2.6)$$

Dimana:

E_Q = Gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = Koefisien respons gempa elastik pada mode getar ke-m (Perhitungan C_{sm} ditentukan berdasarkan wilayah jembatan berada.)

R_d = Faktor modifikasi respons

W_t = Berat total struktur (beban mati + beban hidup) (kN)

Beban Pelaksanaan

Beban pelaksanaan terdiri dari:

Beban yang disebabkan oleh aktivitas pelaksanaan itu sendiri.

Aksi lingkungan yang mungkin timbul selama waktu pelaksanaan.

Perencana harus membuat toleransi untuk berat perancah atau yang mungkin akan dipikul oleh bangunan sebagai hasil dari metoda atau urutan pelaksanaan. Perencana harus memperhitungkan adanya gaya yang timbul selama pelaksanaan dan stabilitas serta daya tahan dari bagian-bagian komponen.

Selama waktu pelaksanaan jembatan, tiap aksi lingkungan dapat bersamaan dengan beban pelaksanaan. Ahli teknik perencana harus menentukan tingkat kemungkinan kejadian demikian dan menggunakan faktor beban sesuai untuk aksi lingkungan yang bersangkutan.

2.15 Analisis Konstruksi Pelaksanaan (Staging Analysis)

Analisis konstruksi bertahap yang dikerjakan mengikuti pelaksanaan pembangunan Jembatan. Model dianalisis secara segmental sesuai dengan kenyataan di lapangan. Pada pelaksanaan pembangunan pelengkung di lapangan, terdapat kabel-kabel pembantu yang digunakan

untuk menunjang rangka pelengkung selama pelaksanaan pembangunan.

Analisa konstruksi bertahap merupakan bagian dari analisis statis nonlinier yang menganalisa struktur dalam beberapa fase tingkat/ tahap. Ide dasar dari analisis ini adalah pada tahap awal, kondisi awal struktur adalah nol, dalam artian elemen struktur memiliki gaya-gaya dalam dan lendutan sama dengan nol. Semua elemen belum terbebani dan belum terjadi lendutan. Untuk tahapan analisa selanjutnya, merupakan kelanjutan dari analisis nonlinier pada tahapan sebelumnya. Maksud dari pernyataan ini yaitu gaya-gaya dalam dan deformasi pada tahap sebelumnya diikutsertakan pada analisis tahap berikutnya.

2.15.1 Analisis Sistem Rangka Baja

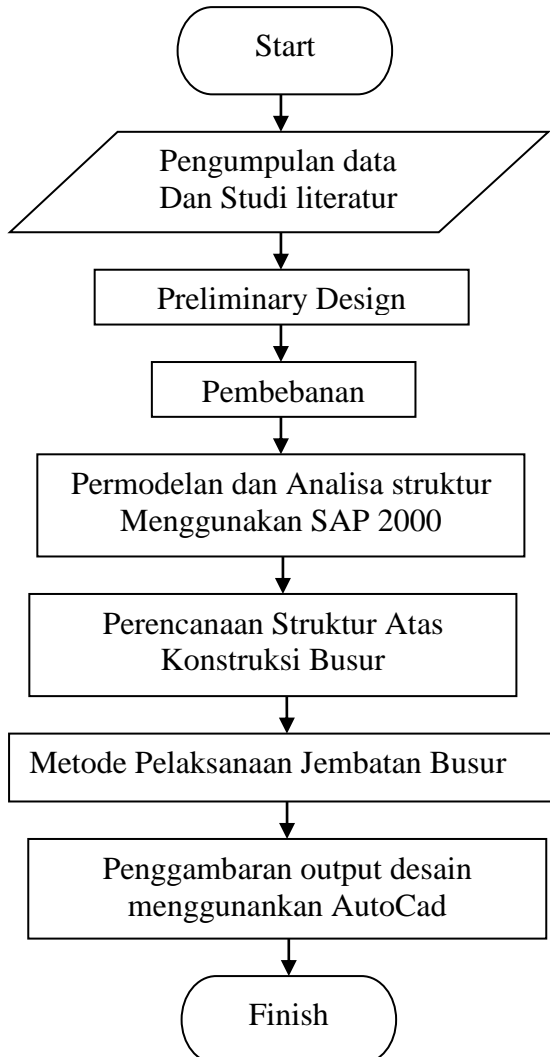
Pada Konstruksi Jembatan Busur Rangka batang adalah susunan elemen-elemen yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga, sehingga menjadi bentuk rangka yang tidak berubah bentuknya ketika diberi gaya-gaya dari luar. Pada struktur yang stabil deformasi yang terjadi relatif kecil, dan lentur tidak akan terjadi selama gaya-gaya luar berada pada titik simpul. (Dien Aristadi, 2006). Sistem pada rangka batang adalah gaya-gaya yang ada dibatang merupakan gaya aksial, sehingga konstruksi ini memberikan dampak pada pengurangan berat sendiri struktur.

Bentuk konfigurasi dari busur dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan, sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien, dibandingkan dengan balok atau balok paralel. (Sugihardjo, 2016).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

- 3.1. Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir
Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3 1 Diagram

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.2 Pengumpulan data

Mencari data umum jembatan dan data tanah di sekitar jembatan

Data umum bangunan :

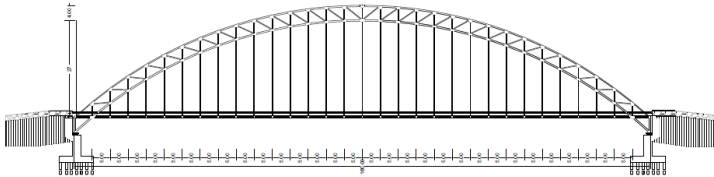
1. Nama Jembatan : Jembatan kalibambang
2. Lokasi : Perbatasan kab. Malang – kab. Blitar
3. Jenis Jembatan : Jembatan Beton Pratekan Tipe 1
4. Panjang Jembatan : 160 m terbagi menjadi 4 bentang dengan panjang masing – masing 50,60 m ,50,60 m,40,60 m dan 20,60 m.
5. Lebar Jembatan : 9 m
6. Material Struktur : Beton
7. Letak Jembatan : > 5 km dari pantai
8. Zona Gempa : Zona Gempa Kota Blitar
9. Kondisi tanah : (Terlampir)

Adapun dalam tugas akhir ini jembatan tersebut akan

dimodifikasi perencanaannya dengan data-data perencanaan baru sebagai berikut:

1. Nama Jembatan : Jembatan kali bambang
2. Lokasi : Kota Blitar
3. Jenis Jembatan : Jembatan Busur Rangka Baja lantai kendaraan di tengah (*a half-through Arch Bridge*)
4. Panjang Jembatan : 163 m menerus tanpa pilar

5. Lebar Jembatan : 9 m
6. Material Struktur : Baja
7. Letak Jembatan : > 5 km dari pantai
8. Zona Gempa : Zona Gempa Kota Blitar
9. Kondisi tanah : (Terlampir)



Gambar 3 2Tampak modifikasi Potongan Memanjang Jembatan Kalibambang

3.3. Studi Literatur

Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut berisikan tentang perencanaan jembatan busur rangka baja. Sumber literatur berupa jurnal ilmiah, buku, laporan penelitian, tesis, disertasi, majalah, dokumen pemerintah, dan media cetak maupun elektronik.

3.4. Preliminary Design

- Menentukan *Lay Out* Awal Jembatan
 - Pola penetapan tata-letak (Layout) yang telah diaplikasikan sangat sesuai. Karena dalam menentukan lay out jembatan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (Diklat Kuliah Konstruksi Jembatan, Djoko Irawan):
 - Dipilih lintasan yang sempit dan stabil
 - Aliran air yang lurus
 - Tebing tepian yang cukup tinggi dan stabil
 - Kondisi tanah dasar yang baik
 - Sumbu sungai dan sumbu jembatan diusahakan tegak lurus
 - Rintangan minimum pada waterway
 - Dipilih lokasi yang tidak memerlukan perlindungan profil
 - Diusahakan sesedikit mungkin pekerjaan di bawah air

- Dipilih free board yang cukup besar
- Approach yang lurus dan kuat
- Jauh dari anak sungai
- Dekat dengan jalur komunikasi

Menentukan Dimensi Jembatan Busur

Pada jembatan perencanaan ini terdiri dari 3 bentang yaitu 1 bentang dengan panjang 288 meter menggunakan rangkai busur dan bagian pendekat jembatan sisi kiri dan kanan dengan bentang 80 meter. Tipe jembatan yang direncanakan adalah rangkai busur tipe *A Half – Through Arch*.

Dalam penentuan dimensi Rangkai Busur perlu diperhatikan adalah:

1. Tinggi Busur

$$\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \text{ didapatkan nilai “} f \text{”} \quad (3.1)$$

Dimana: f = tinggi busur

L = bentang busur

2. Panjang Panel:

Untuk rangkai baja panjang panel ditentukan oleh persyaratan berikut:

$$s < \frac{1}{15} L \quad (3.2)$$

Dimana: s = Panjang Panel

L = bentang busur

- Tinggi Tampang Busur untuk Rangkai Rangkai batang dengan batang tarik tidak dipengaruhi kekakuan batang tarik :

$$\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ didapatkan nilai “} t \text{”} \quad (3.3)$$

Dimana: t = tinggi tampang

L = bentang busur

4. Lebar Jembatan

Lebar yang dimaksud adalah jarak perletakan kiri-kanan paling luar terhadap besar bentang :

$$\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20} \text{ didapatkan nilai " b " } \quad (3.4)$$

b = lebar jembatan L

Dimana: L = bentang busur

Dimensi dari komponen struktur ditentukan berdasarkan ketentuan BMS maupun peraturan lain atau berdasarkan peraturan umum. Berikut data modifikasi perencanaan jembatan :

3.5. Pembebanan

Setiap elemen dari jembatan memiliki fungsinya masing-masing dimana elemen-elemen tersebut menahan beban – beban yang terjadi pada suatu konstruksi jembatan. Standar acuan yang dipakai dalam studi ini adalah SNI 1725:2016. Pembebanan jembatan dan gaya yang digunakan dalam perhitungan tegangan-tegangan dalam konstruksi adalah beban primer, beban sekunder, dan beban khusus.

3.6. Perencanaan Bangunan Atas

Bangunan atas merupakan bangunan yang melayani beban layan. Bangunan tersebut meliputi:

3.7 Tiang Sandaran dan Trotoar

Dalam hal perencanaan sandaran dan trotoar digunakan beberapa persyaratan yang terdapat di dalam peraturan Berdasarkan SNI 1725:2016 pasal 12.5.

3.8 Plat Lantai Kendaraan

Menurut BMS 1992 pasal 6.7.1.2 untuk tebal minimum pelat kendaraan harus memenuhi persyaratan

3.9 Gelagar Memanjang Dan Gelagar Melintang

Gelagar merupakan komponen struktur lentur yang tersusun secara demikian rupa agar dapat memikul beban untuk disalurkan ke bagian elemen lain didalam konstruksi jembatan.

3.10 Penggantung Lantai Kendaraan (Batang Tarik)

Batang tarik ini berfungsi untuk menahan beban yang disalurkan dari gelagar melintang untuk disalurkan ke rangka utama. Panjang dari batang tarik dicari dengan menggunakan rumus parabola. Batang tarik menggunakan profil Kabel Rod Bar dengan mutu Macalloy 520 bar system yang memiliki $f_y = 520 \text{ Mpa}$ dan $f_u = 660 \text{ Mpa}$.

3.11 Rangka Utama

Rangka utama merupakan pemikul utama dari semua beban yang bekerja di jembatan. Rangka utama yang berbentuk busur dikarenakan memiliki kekuatan dan kestabilan dalam perencanaan jembatan bentang panjang. Dalam perencanaan rangka baja Jembatan rangka, panjang rangka dalam mengontrol tekuk dan gaya tarik harus menggunakan panjang efektif.

3.12 Ikatan Lateral

Ikatan lateral berupa ikatan angin dan portal akhir dimana fungsi utamanya adalah menahan gaya lateral yang berkerja pada jembatan.

Ikatan angin adalah penahan beban lateral yang bekerja pada konstruksi jembatan. Bentuk pada ikatan angin dapat berupa diagonal, vertikal, dan horizontal terhadap batang rangka utama.

Portal akhir adalah konstruksi yang meneruskan gaya dari ikatan angin atas ke tumpuan. Dimana rangka utama dan ikatan angin menjadi satu permodelan, tapi permodelan tersebut hanya dihitung pada bagian akhir jembatan.

3.13 Sambungan

Sambungan merupakan gabungan dari beberapa komponen menjadi satu komponen dengan

menggunakan media sambung. Sehingga sambungan berfungsi sebagai pengikat dan penghubung.

1. Perencanaan Sambungan Las

Pada perencanaan ini digunakan *terminologi standart eletrode* las E70XX.

2. Perencanaan Sambungan Baut Mutu Tinggi (HTB) Dalam menggunakan baut mutu tinggi harus menggunakan perhitungan tipe fiksi. Berikut langka-langkah perhitungan:

3.14 Analisa Gaya-Gaya pada Bangunan Atas

Analisa struktur menggunakan bantuan *software* SAP 2000 untuk mendapatkan gaya dalam dan kebutuhan dimensi profil.

3.15 Kontrol Kekuatan dan Kestabilan Bangunan Atas

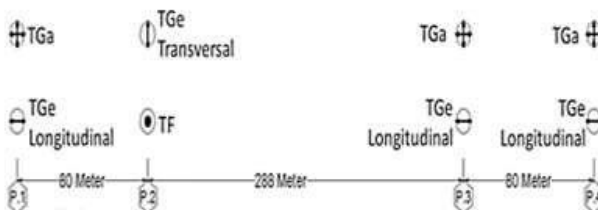
Kontrol ini diperlukan untuk mengetahui kemampuan dari profil penampang yang bekerja di konstruksi jembatan. dimana profil tersebut mampu menahan gaya-gaya yang bekerja.

3.16 Pembebanan Pada Perletakan

Pembebanan yang diberikan pada perletakan berupa reaksi bangunan atas dan beban aksi lingkungan. Beban ini harus mampu ditahan oleh *pot bearing* agar jembatan tetap pada posisi yang telah direncanakan.

3.16.1 Perencanaan Perletakan (*Pot Bearing*)

Untuk perencanaan ini dipilih tipe Pot Bearing, yaitustruktur yang terdiri dari piston baja menumpu pada cakram elastomer yang “terkurung” dalam pot/ silinder baja. Bentuk permodelan perletakan jembatan modifikasi seperti pada Gambar 3.6



Gambar 3 3Permodelan Perletakan Jembatan Modifikasi

3.16.2 Kontrol Kestabilan Perletakan

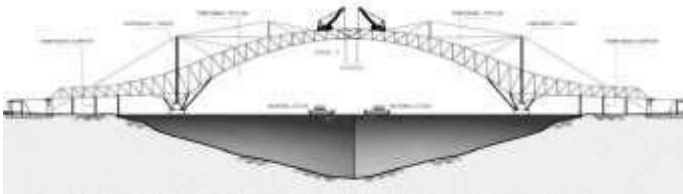
Kontrol ini diperlukan untuk mengetahui kemampuan dari *pot bearing* sebagai tumpuan jembatan terhadap gaya-gaya yang bekerja pada jembatan.

3.16.3 Analisa Konstruksi Pelaksanaan (*Staging Analysis*)

Metode pelaksanaan jembatan busur menggunakan sistem *balance cantilever* sebagian dengan bantuan menara *temporay* sebagai penahan rangka busur yang dihubungkan dengan kabel-kabel penahan.

Pemasangan rangka busur dilakukan per segmen yang dilakukan dari sisi tumpuan menuju puncak untuk melakukan penutupan batan (*closures*). Dimana pada saat penutupan batang harus memperhatikan temperatur agar susut atau memuai yang terjadi sesuai dengan yang direncanakan.

Setelah semua rangka baja busur terbentuk dilakukan pemasangan hanger dan gelagar melintang untuk menahan lantai kendaraan. Pekerjaan lantai kendaraan menggunakan alat berat crane dilakukan per segmen. Untuk lebih jelasnya pada Gambar 3.7 merupakan permodelan metode pelaksanaan.



Gambar 3.5 Permodelan Metode Balance Cantilever

3.16.4 Pengecekan Pembebanan Tak Terduga (*Accidental Load*)

Accidental load merupakan beban tambahan yang tak terduga diperhitungkan saat jembatan mengalami kerusakan. Pada pengecekan ini *accidental load* yang ditinjau adalah putusnya kabel penggantung di bagian tengah bentang.

Tujuan dari pengecekan *accidental load* ini adalah untuk mengetahui kemampuan struktur bila terjadi komponen elemen yang mengalami rusak akibat beban yang tak terduga. Sehingga memberi waktu untuk melakukan perbaikan jembatan oleh pihak yang terkait.

3.17 Hasil dan Pembahasan

Dalam tahap ini output dari analisa struktur yang menggunakan software SAP 2000 akan dianalisa dan akan dilakukan pembahasan terhadap data dan hasil perhitungan.

Penggambaran merupakan output terakhir dari analisa struktur yang telah dilakukan. Gambar yang dihasilkan antara lain: Denah, Tampak, Potongan, Detail.

“Halaman Sengaja dikosongkan”

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

Sebelum melakukan perhitungan struktur sekunder perlu dilakukan perkiraan dimensi awal berdasarkan referensi yang diperlukan dengan menyesuaikan pada parameter yang ada. Dimensi awal yang perlu diperkirakan antara lain meliputi pembentukan geometri busur, dimensi gelagar, kabel, yang kemudian akan digunakan sebagai data awal dalam analisa struktur. Jika ternyata dalam analisa diketahui kemampuan struktur tidak memenuhi syarat, maka perlu dilakukan perubahan pada parameter yang telah ditentukan.

4.1 Geometri Busur

a. Tinggi Busur : $\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$ Atau $0,167 \leq \frac{f}{L} \leq 0,200$
 $: 0,167 \leq 0,168 \leq 0,2$ oke

b. Tinggi Penampang Busur untuk Rangka

$$\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ (rangka batang)}$$

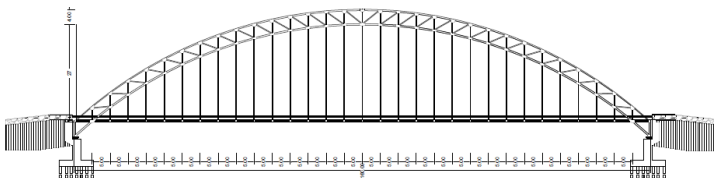
$$0,025 \leq 0,025 \leq 0,04 \text{ oke}$$

c. Lebar Jembatan

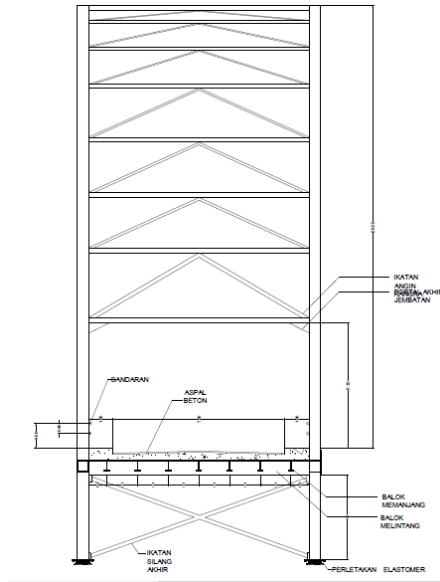
lebar yang dimaksud adalah jarak perletakan kiri- Kanan paling luar terhadap besar bentang :

$$\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20} = 0,56 \geq 0,05 \text{ oke}$$

Berikut Gambar 4.1 dan gambar 4.2 ilustrasi jembatan arah memanjang dan arah melintang berdasarkan hasil persyaratan geometri busur.



Gambar 4 1Arah memanjang Jembatan



Gambar 4 2Arah Melintang Jembatan

4.2 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

Jarak antara gelagar memanjang adalah 1 m, maka

$$t_s \geq 200 \text{ m}$$

$$t_s \geq 100 + 40 b_1$$

$$t_s \geq 100 + 40 (1,3)$$

$$t_s \geq 152 \text{ m}$$

digunakan pelat tebal 20 cm, dengan tinggi deck baja tinggi 5,3 cm

4.3 Perencanaan Kerb

Direncanakan, $h = 20 \text{ cm}$ dengan tulangan $\varnothing 12 - 100$ dan tulangan susut $\varnothing 8 - 100$

4.4 Perencanaan Sandaran

Direncanakan tebal pelat kolom sandaran 3 cm dan pipa sandaran $3\varnothing 4 \text{ inchi}$

4.5 Perencanaan Gelagar

Perencanaan gelagar jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 41, dengan ketentuan sebagai berikut :

- Tegangan leleh $f_y = 410 \text{ Mpa}$

- Tegangan ultimate f_u =
- Modulus elastisitas E =
- Jarak Gelagar Memanjang =
- Jarak Gelagar Melintang =
- Panjang Panel =

4.6 Perencanaan Penggantung

Panjang dari penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometri busur

$$y_n = \frac{4 \times f \times x \times (L - x)}{L^2}$$

Pada tabel 4.1 hasil panjang penggantung dengan tinjauan $\frac{1}{2}$ bentang. Penggantung menggunakan profil kabel Rod Bar M100($\varnothing 97\text{ mm}$), $F_y = 839\text{ Mpa}$ $F_u = 1048\text{ Mpa}$

Tabel 4.1 Panjang Batang Tarik

4.7 Perencanaan Rangka Jembatan

Untuk perencanaan ini harus dianalisa terlebih dahulu sehingga kebutuhan profil sesuai dengan gaya aksial yang bekerja pada batang di rangka jembatan.

4.8 Perencanaan Ikatan Jembatan

Perencanaan ini merupakan struktur untuk memperkuat dari struktur utama yang berfungsi untuk memberikan stabilitas terhadap rangka jembatan :

Pada Preliminary design ini digunakan

- Ikatan Angin Busur Atas
- Ikatan Angin Busur Bawah
- Ikatan Angin Lantai Kendaraan
- Ikatan Silang Rangka

“Halaman Sengaja dikosongkan”

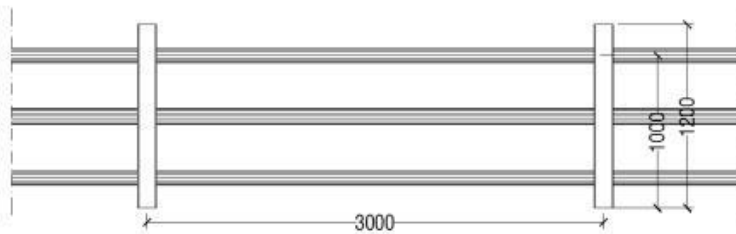
BAB V

STRUKTUR SEKUNDER

Struktur sekunder pada jembatan ini terdiri dari tang sandaran, pipa sandaran dan pelat lantai. Dalam perhitungan, struktur sekunder tidak dianalisa bersama-sama dengan struktur utama, melainkan dianalisa secara terpisah. Hal ini karena struktur sekunder dianggap tidak banyak mempengaruhi perilaku struktur utama. Hasil perhitungan struktur sekunder berlaku sebagai beban saat menganalisa struktur utama.

5.1 Perencanaan Tiang dan Pipa Sandaran

Berdasarkan SNI 1725:2016 pasal 12.5, beban yang bekerja pada sandaran adalah berupa gaya horizontal dan vertikal sebesar $w = 0,75 \text{ kN/m}$ dan bekerja pada ketinggian 100cm dari lantai trotoar. Sandaran menggunakan profil WF, lihat Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Tiang Sandaran

Data perencanaan sandaran:

Panjang total sandaran = 160 m

Jarak tiang sandaran = 3 m

Bahan yang digunakan

1. Tiang sandaran BJ 41

$f_u = 410 \text{ Mpa}$

$f_y = 250 \text{ Mpa}$

2. Pipa sandaran 01 (BJ 41):

Diameter = 4 inchi

Tebal = 2,9 mm

Berat = 7,94 kg/m

5.1.1 Perhitungan Momen dan Pipa Sandaran

Akibat berat sendiri pipa sandaran

$$\begin{aligned} M_{VD} &= (1/8).q.L^2 \\ &= (1/8) . ((7,94 \times 3) + (7,94 \times 3) + (7,94 \times 3)) . 3^2 \\ &= 80,39 \text{ kgm} = 0,804 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Akibat beban Vertikal

$$\begin{aligned} M_{VL} &= (1/8).w.L^2 \\ &= (1/8) . 0,75 \text{ kN/m} . 3^2 \\ &= 0,844 \text{ kNm} \\ M_v &= M_{VD} + M_{VL} \\ &= (0,804 + 0,844) \text{ kNm} \\ &= 1,648 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Akibat beban Horizontal

$$\begin{aligned} M_H &= (1/8).w.L^2 \\ &= (1/8) . 0,75 \text{ kN/m} . 3^2 = 0,844 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen Resultan (M_u)

$$\begin{aligned} M_u &= \sqrt{M_H^2 + M_V^2} \\ &= \sqrt{0,844^2 + 1,648^2} \\ &= 1,85 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5.1.2 Cek Kekuatan Profil Pipa Sandaran

Batas kelangsingan profil

$$\lambda = \frac{d_o}{t} = \frac{100}{2,9} = 34,48$$

$$\lambda_p = \frac{14800}{F_y} = \frac{14800}{250} = 59,2$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$
 2) Kuat Lentur Nominal

$$Z_x = \frac{4}{3} (r_0^3 - r_1^3) = \frac{4}{3} (50,8^3 - 21,8^3) = 160981,71 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y = 160981,71 \text{ mm}^3 \cdot 250 \text{ N/mm}^2 \\ &= 40245427,5 \text{ Nmm} \\ &= 40,245 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \cdot 40,245 \\ &= 36,221 \text{ kNm} > M_u = 1,85 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka profil dapat digunakan.

5.1.3. Perencanaan Tiang Sandaran

Direncanakan tiang sandaran menggunakan baja profil WF125.60.6.8 dengan spesifikasi :

d	= 125 mm	tw	= 6,0 mm
bf	= 60 mm	tf	= 8,0 mm
r	= 9 mm	w	= 13,22 kg/m
I_x	= 413 cm ⁴	I_y	= 29 cm ⁴
S_x	= 66 cm ³	S_y	= 10 cm ³

Sifat mekanis baja struktural

BJ	= 37
f_u	= 370 MPa
f_y	= 240 MPa

Beban horizontal = 3 m . 0,75 kN/m = 2,25 kN

Tinggi tiang sandaran = 1,2 m

Momen yang terjadi = 1,2 m . 2,25 kN = 2,7 kNm

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y = 66000 \text{ mm}^3 \cdot 240 \text{ N/mm}^2 \\ &= 15840000 \text{ Nmm} \\ &= 15,84 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \cdot 15,84 \\ &= 14,26 \text{ kNm} > M_{\text{Terjadi}} = 2,7 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Maka profil dapat digunakan.

5.1.4. Perencanaan Sambungan Las Tiang Sandaran

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 38 - 1,6 = 36,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$fR_{n \text{ Perlu}} = \frac{V_{u \text{ Badan}}}{A} = \frac{(2,25) \times 1000}{1 \times 2 \times (125 \text{ mm})} = 9,0 \text{ N/mm}$$

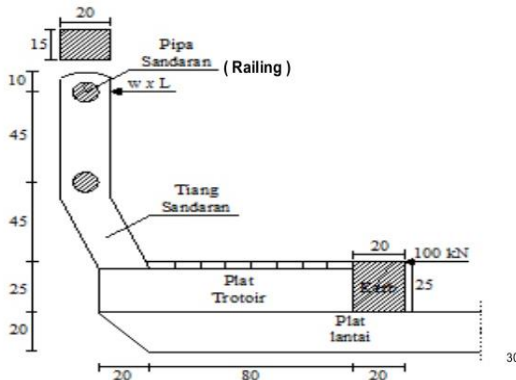
Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\begin{aligned}\phi R_{nw} &= \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa} \\ &= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a\end{aligned}$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_{n \text{ Perlu}}}{\phi R_n} = \frac{9,0}{155,89 a} = 0,05 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 6 \text{ mm}$

5.2.1. Tebal Plat Lantai



Gambar 5.3 Permodelan Plat Kendaraan (satuan mm)

Direncanakan :

$$d_3 \geq 200 \text{ mm}$$

$$d_3 \geq 100 + 40 b_1$$

$$d3 \geq 100 + 40 (1,3)$$

$$d3 \geq 152 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } 200 \text{ mm}$$

$$\frac{I_y}{I_x} = \frac{8m}{1,3 \text{ m}} = 6,15 > 2 \rightarrow \text{plat 1 arah}$$

5.2.2. Pembebanan

Metode perencanaan penulangan plat lantai kendaraan adalah metode Ultimate.

- Faktor beban K^U_{MS} (beton cor ditempat) = 1,3
- Faktor beban K^U_{MS} (beton aspal) = 1,4
- Faktor beban K^U_{TT} (muatan truk T) = 2,0

Beban Mati :

$$\begin{aligned} \text{Berat plat} &= d3 \times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ m} \times K^U_{MS} \\ &= 0,2\text{m} \times 24\text{kN/m}^3 \times 1 \times 1,3 = 6,24 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \square \text{ Berat aspal} &= d4 \times \gamma_{\text{aspal}} \times 1 \text{ m} \times K^U_{MS} \\ &= 0,2\text{m} \times 22\text{kN/m}^3 \times 1 \times 1,4 \\ &= \underline{6,16 \text{ kN/m}} \text{ } q_M \\ &= 12,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. Beban Hidup :

Beban roda truk "T" = 112,5 kN, maka DLA untuk pembebanan truk = 0.3

$$T_{(U)} = (1 + \text{DLA}) \times \text{"T"} \times K^U_{TT}$$

$$T_{(U)} = (1 + 0,3) \times 112,5 \times 2 = 292,5 \text{ kN}$$

Analisa Gaya Dalam

Perhitungan Momen Arah Melintang (M_x) :

a. Beban Mati :

$$M_u = \frac{1}{10} \times q_{M(U)} \times b l^2$$

$$= \frac{1}{10} \times (12,4 \text{ kN/m}) \times (1,3 \text{ m})^2$$

$$2,096 \text{ kNm}$$

$$2,096 \text{ kNm}$$

- Beban Hidup :

$$\begin{aligned} Mu &= 0,8 \times \frac{S + 0,6}{10} \times T_{(U)}, \text{ dimana } S = b1 \\ &= 0,8 \times \frac{1,3 + 0,6}{10} \times 292,5 \text{ kN} = 44,46 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Beban Total :

$$Mu = 2,096 \text{ kNm} + 44,46 \text{ kNm} = 46,56 \text{ kNm}$$

5.2.3. Penulangan Plat Kendaraan

Digunakan Beton :

$$f_c'' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Plat} = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 16 \text{ mm (arah x)}$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 12 \text{ mm (arah y)}$$

$$\text{BJ TD 40 } f_y = 390 \text{ Mpa ; } f_u = 500 \text{ Mpa}$$

Tulangan arah melintang lapangan (arah x) dan tumpuan (arah y)

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - 0,008 (f_c'' - 30) \\ &= 0,85 - 0,008 (35 - 30) \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\Phi} = \frac{46,56}{0,8} = 58,20 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} \cdot \beta \\ &= \frac{0,85 \cdot 35}{390} \cdot \frac{600}{(600 + 390)} \cdot 0,81 = 0,0373 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0373 = 0,02797$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00358$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot 35} = 13,109$$

Tebal plat (h) = 200 mm a.

Penulangan Pada Arah Melintang

Dipakai tulangan D16 (arah X)

$$d = 200 - 40 - \frac{16}{2} = 152 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{58,20 \cdot 10^6}{1000 \cdot 152^2} = 2,52 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{Perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,109 \cdot 2,52}{390}} \right)$$

$$= 0,00676 > \rho_{\text{min}}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,00358 < 0,00676 < 0,02797 \dots \text{Ok}$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,00676$

$$A_{\text{Sperlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00676 \cdot 1000 \cdot 152$$

$$= 1027,70 \text{ mm}^2$$

Dipakai D16–150; $A_s = 1117,01 \text{ mm}^2 > A_{\text{Sperlu}} = 1027,70 \text{ mm}^2 \dots \text{Ok}$

Pada Arah Memanjang Dipakai

tulangan $\emptyset 12$ (arah Y)

$$d = 200 - 40 - 16 - 12/2 = 138 \text{ mm}$$

$$A_{\text{sy}} = \rho_{\text{susut}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0018 \cdot 1000 \cdot 138 = 248,4 \text{ mm}^2$$

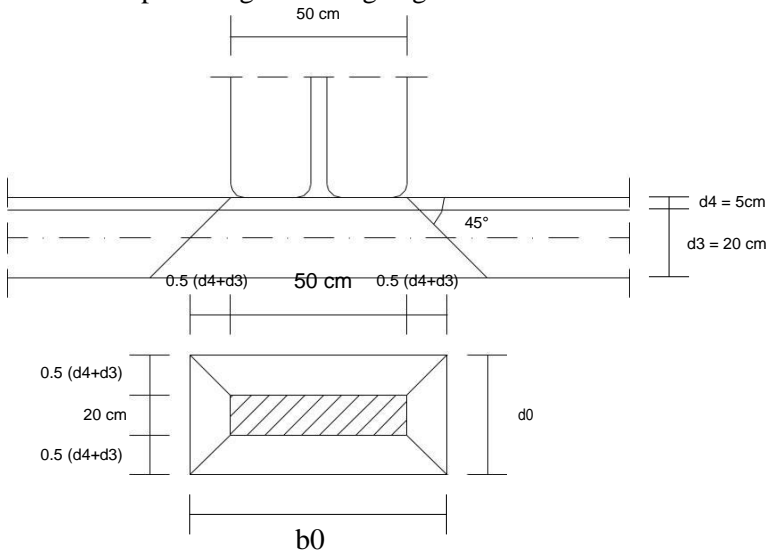
Dipakai $\emptyset 12 - 400$; $A_s = 282,74 \text{ mm}^2 > A_{\text{sy}} = 248,4 \text{ mm}^2$

5.3 Kontrol Geser Pons

Perencanaan penampang akibat geser didasarkan pada roda tengah. Muatan "T" dengan $P = 100 \text{ KN}$ dengan luas bidang kontak roda $500\text{mm} \times 200\text{mm}$.

Dimana, $V_u \leq V_c$

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang di tinjau
 V_c = kuat geser nominal beton tanpa memperhitungkan tulangan geser



Gambar 5.5 Bidang Geser Pons (satuan cm)

a. Keliling Kritis :

$$\begin{aligned}
 &= 2 (b_0 + d_0) \\
 &= 2 (0,5 \times 25 + 50 + 0,5 \times 25) + (0,5 \times 25 + 20 + 0,5 \times 25) \\
 &= 2 [(25 + 50) + (25 + 20)] = 240 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

b. Luas Kritis :

$$\begin{aligned}
 &= U \times d_3 \\
 &= 240 \times 20 \\
 &= 4800 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Gaya Geser Ultimate :

$$V_n = K_{TT}^U \times 100 \times (1 + DLA)$$

$$= 2,0 \times 100 \times (1 + 0,3) = 260 \text{ kN}$$

$$V_{uc} = 1 + \left[\frac{2}{\beta} \right] \times \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] \times U \times d_0$$

$$\text{Dimana : } \beta = \frac{50}{20} = 2,5$$

$$V_{uc} = 1 + \left[\frac{2}{2,5} \right] \times \left[\frac{\sqrt{35}}{6} \right] \times 2400 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$$

$$= 1916784 \text{ N} = 1916,784 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{3} \times U \times d_0$$

$$\bullet \frac{\sqrt{35}}{3} \times 2400 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$$

$$= 2129788,722 \text{ N} = 2129,7887 \text{ kN}$$

Kuat penampang pada geser harus memenuhi :

$$V_c > V_{uc}$$

$$2129,7887 \text{ kN} > 1916,784 \text{ kN} = \text{dipakai } V_{uc}$$

$$V_n \leq V_{uc}$$

$$260 \text{ kN} \leq 1916,784 \text{ kN} = \text{Ok}$$

5.4 Kontrol *Deck Slab*

Diketahui momen maximum (M_{DL}) = 1,296 kNm

Direncanakan deck baja type Super Floor Deck

$$t = 0,75 \text{ mm}$$

$$w = 10,1 \text{ kg/m}^2$$

$$A = 1241 \text{ mm}^2$$

$$I = 0,425 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$Y_c = 38,6 \text{ mm}$$

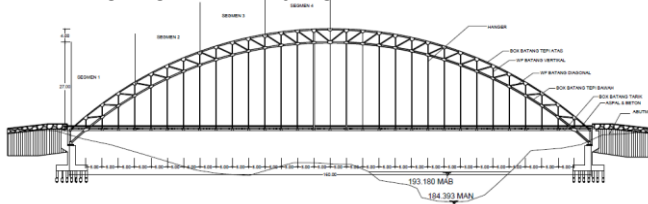
$$Y_t = 15,4 \text{ mm}$$

BAB VI

PERENCANAAN GELAGAR MEMANJANG DAN GELAGAR MELINTANG

Perencanaan gelagar terdiri dari gelagar memanjang dan gelagar melintang. Fungsi gelagar adalah untuk menyalurkan beban yang bekerja diatas lantai kendaraan ke pemikul yaitu rangka utama. Dalam proses perhitungan gelagar diasumsikan sebagai *simple beam* dengan tumpuan sendi – sendi. Pembebanan pada gelagar mengikuti SNI 1725:2016

- 6.1. Perencanaan Gelagar Memanjang
Pada Gambar 6.1 merupakan ilustrasi dari permodelan untuk gelagar memanjang.



Gambar 6.1 Permodelan Gelagar Memanjang

Balok sederhana tertumpu pada balok melintang A dan B adalah perletakan sederhana. Balok memanjang dihubungkan dengan “simple connection” ke balok melintang. Direncanakan balok memanjang memakai profil WF 450.200.8.12 dengan data sebagai berikut:

$W = 151,11 \text{ kg/m}$	$S_y = 601 \text{ cm}^3$	$tw = 8 \text{ mm}$
$bf = 200 \text{ mm}$	$i_x = 24,76 \text{ cm}$	$tf = 12 \text{ mm}$
$d = 450 \text{ mm}$	$i_y = 6,85 \text{ cm}$	$r = 28 \text{ mm}$
$A = 82,97 \text{ cm}^2$	$I_x = 118000 \text{ cm}^4$	$f_y = 410 \text{ Mpa}$
$S_x = 4010 \text{ cm}^3$	$I_y = 28100 \text{ cm}^4$	$f_u = 550 \text{ Mpa}$
$Z_x = 1414152 \text{ cm}^3$	$Z_y = 246816 \text{ cm}^3$	

$$h = d - 2(tf+r) = 450 - 2(12+28) = 370 \text{ mm}$$

6.1.1. Pembebanan

1) Beban Mati

Beban mati adalah beban yang berasal dari berat jembatan itu sendiri yang ditinjau dan termaksud segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengan jembatan.

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal} &= d_4 \cdot b_1 \cdot \gamma_{\text{aspal}} \cdot K_{ms} \\ &= (0,05) \cdot (1,3) \cdot 22 \cdot 1,4 = 2,002 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Beton} &= d_3 \cdot b_1 \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot K_{ms} \\ &= (0,2) \cdot (1,3) \cdot 24 \cdot 1,3 = 8,112 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri Balok} &= W \cdot K_{ms} \\ &= 1,51 \cdot 1,1 = 1,661 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Steeldeck} &= w \cdot K_{ms} \\ &= 0,101 \cdot 1,1 = \underline{0,111 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

$$q_{DL} = 11,886 \text{ kN/m}$$

2) Beban Hidup

Beban Hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan yang bergerak pada jembatan. Penggunaan beban hidup di atas jembatan yang harus ditinjau dalam beban “D”, beban “BGT”, dan beban “T”. Berikut

a. Beban Terbagi Rata (BTR)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 memiliki rumus sebagai berikut:

$$\text{Untuk } L \leq 30 \text{ m : } q = 9 \text{ kPa}$$

$$\text{Untuk } L > 30 \text{ m : } q = 9 + 0,5 + 15/L \text{ kPa}$$

Karena panjang gelagar adalah 9 meter maka,

$$\begin{aligned} L < 30 \text{ m} &= q = 9 \text{ kPa} \\ q_{BTR} &= q \times b_1 \times K^{UTD} \\ &= (9 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,3 \text{ m} \cdot 2 \\ &= 23,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. Beban Garis Terpusat (BGT)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 besarnya beban BGT adalah 49 kN/m. Dengan panjang utama sebesar 288 m dan bentang samping 80 m, maka:

DLA untuk $L > 90 \rightarrow DLA = 0,3$

$$\begin{aligned} P^{*100\%} &= P (1 + DLA) \cdot b_1 \cdot K^{UTD} \\ &= 49 (1 + 0,3) \cdot 1,3 \cdot 2 \\ &= 165,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Beban Truk (T)

Beban truk dianalisa sebagai beban terpusat yang berjalan di lantai kendaraan sepanjang jembatan. Untuk pembebanan truk diambil sebesar 30% (SNI 1725:2016 ps. 8.6).

$$\begin{aligned} T_{(U)} &= 112,5 \text{ kN/m} \cdot (1+30\%) \cdot K^{UTT} \\ &= 112,5 \text{ kN/m} \cdot (1,3) \cdot 2 \\ &= 292,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

d. Beban Pelaksanaan (PLK)

Berdasarkan pada SNI 1725:2016 ps. 10.3 beban pelaksanaan adalah beban aktivitas pada saat konstruksi. Pada desain ini diasumsikan sebesar 2,5 kN/m, dengan rincian :

1. Pekerja = 1 kN/m
2. Peralatan, dll. = 1,5 kN/m

$$\begin{aligned} {}^q\text{PLK} &= 2,5 \text{ kN/m} \times \text{Load Factor} \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \times 1,00 \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3) Kombinasi Beban

Merupakan pengaruh beban tersebut terhadap gelagar pada saat keadaan ultimit, sehingga dapat mendisain profil penampang yang dapat menahan beban tersebut. Pada Tabel 6.1 merupakan kombinasi pembebanan yang diberikan pada gelagar.

Tabel 6 1 Kombinasi pembebanan

Tipe	Beban
COMB1	DL + LL(BTR+BGT+PLK)
COMB2	DL + LL(T+PLK)

6.1.2. Hasil Analisa Gaya Dalam

Analisa gaya dalam untuk gelagar memanjang menggunakan program bantu SAP2000. Struktur dimodelkan sebagai balok sederhana dengan panjang 5 m. berikut hasil analisa dapat dilihat pada tabel 6.2.

Output Case	V2	M3
	kN	kN-m
COMB1	260,06	1747,9

Tabel 6 3 Hasil analisa struktur dengan SAP 2000

Dari hasil analisa di atas dapat dilihat bahwa COMB2 lebih menentukan, dengan memiliki nilai beban lebih besar.

6.1.3. Analisa Kapasitas Profil

a. Kontrol Momen Lentur Akibat Tekuk Lokal

Badan :

$$\frac{H}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{492}{12} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$$41 \leq 82,97 \dots \text{Ok}$$

Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{300}{2.20} \leq \frac{170}{\sqrt{410}}$$

$$7,5 \leq 8,39 \dots \text{Ok}$$

Jadi : Penampang Kompak $\rightarrow M_n = M_p$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 4309 \text{ cm}^3 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 17666900 \text{ kgcm} = 1766,69 \text{ kNm}$$

$$M_u < \Phi \cdot M_p$$

$$1747,9 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 1766,69 \text{ kNm}$$

$$1747,9 \text{ kNm} < 1590,021 \text{ kNm} \dots \text{Ok}$$

Akibat Tekuk Lateral

$$\begin{aligned} L_b &= 500 \text{ cm} \\ L_p &= 390,3 \text{ cm} \\ L_r &= 598 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka, $L_b > L_r \rightarrow$ Bentang Panjang

$$M_n = M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y C_w}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

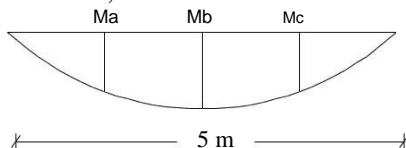
Mma

$$x = 637,6 \text{ kNm}$$

$$M_a = 348,2 \text{ kNm}$$

$$M_b = 637,6 \text{ kNm}$$

$$M_c = 348,2 \text{ kNm}$$



$$C_b = \frac{12,5 (637,6)}{2,5(637,6) + 3(348,2) + 4(637,6) + 3(348,2)}$$

$$C_b = 1,28$$

$$J = \frac{1}{3} \left[2(300)(20)^3 + 588.(12)^3 \right] = 1938688 \text{ mm}^4$$

$$G = 8.10^4$$

$$C_w = \frac{I_f \cdot h^2}{2} = \frac{1}{12} \times 20 \times 300^3 \times (588 + 20)^2 = 8,31744.10^{12}$$

$$M_n = 1,28 \frac{\pi}{5000} \sqrt{2.10^5 \times 9,0210^7 \times 8.10^4 \times 19,39.10^5 + \left(\frac{\pi \cdot 2.10^5}{5000} \right)^2 \times 9,0210^7 \times 8317440 \cdot 10^6}$$

$$M_n = 1369,78 \text{ kNm} < M_p = 1766,69 \text{ kNm}$$

digunakan M_n karena nilai terkecil

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 1369,78 = 1232,802 \text{ kNm} > M_u = 722,966 \text{ kNm}$$

b. Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan harus memenuhi $0 < \Delta$ dan pembebanan tidak dikali dengan Load Factor, dimana :

Δ_0 = Lendutan yang terjadi (akibat beban hidup saja)

= Lendutan ijin \Rightarrow Mencari Δ Ijin

$$\Delta \text{ Ijin} = (1/500) \cdot \lambda$$

$$= (1/500) \cdot 500 \text{ cm} = 1,0 \text{ cm}$$

Mencari Δ Terjadi

$$\begin{aligned} \text{Terjadi} &= \frac{5}{384} \frac{qDL \cdot \lambda^4}{E \cdot I_x} + \frac{5}{384} \frac{qLL \cdot \lambda^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \frac{PL^3}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{5}{384} \frac{9,30 \cdot 500^4}{2.10^6 \cdot 118000} + \frac{5}{384} \frac{11,7 \cdot 500^4}{2.10^6 \cdot 118000} + \frac{1}{48} \frac{82,81 \cdot 500^3}{2.10^6 \cdot 118000} \\ &= 0,478 \text{ cm} \end{aligned}$$

Chek : $\Delta \text{ Terjadi} \leq \Delta \text{ Ijin}$

$$0,478 \text{ cm} \leq 1,0 \text{ cm} \rightarrow \text{Ok}$$

c. Kontrol Gaya Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{410}} = 54,32$$

$$\frac{h}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

maka, Plastis

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{web} \\ &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d \cdot t_w) \\ &= 0,6 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 (58,5 \text{ cm} \cdot 1,2 \text{ cm}) \\ &= 172692 \text{ kg} = 1726,92 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u = 233,95 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } V_u &< \phi \cdot V_n \\ 215,233 \text{ kN} &< 0,9 \cdot (1726,92) \text{ kN} \end{aligned}$$

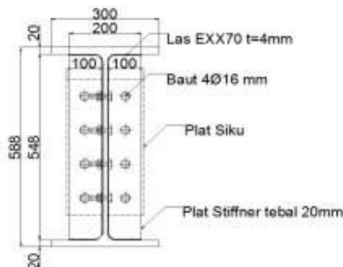
$$215,233 \text{ kN} < 1554,23 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kesimpulan : Balok memanjang memakai profil WF

450.200.8.12

6.1.4. Analisa Pengaku (*Stiffener*)

Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah pengaku yang dibutuhkan pada gelagar memanjang agar tidak mengalami puntir pada profil. Pada Gambar 6.4 merupakan hasil bentuk gelagar memanjang yang telah dianalisa.



Gambar 6.3 Penampang Gelagar Memanjang

Data perencanaan:

Gaya Geser max = 233,95 kN

Profil = WF 450.200.8.12

Tebal Plat Stiff = 20 mm

Lebar Plat = 200 mm

a. Kapasitas Profil Pengaku

Perhitungan Stiffener sebagai Kolom:

$$A'' = t_w \times (12 t_w) + 2 \times A_{\text{stiff}}$$

$$= 12 \times (12 \cdot 12) + 2 \times (20 \cdot 200) = 9728 \text{ mm}^2 \quad I_{xx} = 1/12$$

$$t_s B^2$$

$$= 1/12 \cdot 20 \cdot (200+200+12)^3 = 117408328,3 \text{ mm}^4$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{xx}}{A'}} = \sqrt{\frac{117408328,3}{9728}} = 109,86$$

$$\lambda_c = \frac{Lk}{\pi r_x} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{0,75 \cdot 652}{\pi \cdot 109,86} \sqrt{\frac{410}{200000}} = 0,203$$

Untuk $\lambda_c \leq 0,25 \rightarrow w = 1,0$

Syarat : $V_u \leq \phi \cdot A'' \cdot (f_y/w)$

$$V_u = 215,233 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 109,86 \cdot (4100/1) = 382862,1 \text{ kg}$$

$$V_u = 215,233 \text{ kN} \leq 3828,62 \text{ kN} \text{ Ok}$$

b. Jarak Pengaku

$$\text{Lebar Efektif} = 125 t_w = 125 \cdot 12 = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Pengaku} = \frac{L_{eff}}{2} = \frac{1500}{2} = 750 \text{ mm}$$

$$n \text{ Pengaku} = \frac{\text{Panjang}}{\text{Jarak}} = \frac{8000}{750} = 10 \text{ pengaku}$$

Sambungan Las Pengaku

Ukuran minimum las = 6 mm

Direncanakan balok melintang memakai profil
WF 800.300.26.28 dengan data sebagai
berikut:

$W = 345,61 \text{ kg/m}$	$S_y = 2161,6 \text{ cm}^3$	$t_w = 16 \text{ mm}$
$b_f = 450 \text{ mm}$	$i_x = 42,35 \text{ cm}$	$t_f = 32 \text{ mm}$
$d = 1000 \text{ mm}$	$i_y = 10,51 \text{ cm}$	$r = 28 \text{ mm}$
$A = 440,27 \text{ cm}^2$	$I_x = 789647,4 \text{ cm}^4$	$f_y = 410 \text{ Mpa}$
$S_x = 15792,9 \text{ cm}^3$	$I_y = 48635 \text{ cm}^4$	$f_u = 550 \text{ Mpa}$
$Z_x = 17443,584 \text{ cm}^3$	$Z_y = 3299,904 \text{ cm}^3$	
$h = d - 2(t_f + r) = 1000 - 2(16 + 28) = 912 \text{ mm}$		

6.2.1. Pembebanan

1) Beban Mati

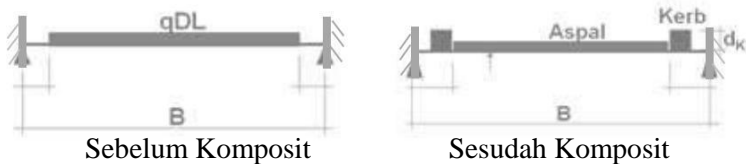
□ Sebelum Komposit

Berat Beton`	$= d \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot K_{ms}$	
	$= (0,2) \cdot (8) \cdot 24 \cdot 1,3$	$= 49,920 \text{ kN/m}$
G. Memanjang	$= (W \cdot \lambda / b_1) K_{ms}$	
	$= (1,51 \cdot 8 / 1,3) \cdot 1,1$	$= 10,221 \text{ kN/m}$
G. Melintang	$= (W) K_{ms}$	
	$= (3,45) \cdot 1,1$	$= 3,795 \text{ kN/m}$
Berat <i>Steeldeck</i>	$= w \cdot K_{ms}$	
	$= 0,101 \cdot 1,1$	$= \underline{0,111} \text{ kN/m}$
	${}^q\text{DL}$	$= 64,047 \text{ kN/m}$

Setelah Komposit

Berat aspal	$= d \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{aspal}} \cdot K_{ms}$	
	$= (0,05) \cdot (8) \cdot 22 \cdot 1,4$	$= 12,32 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kerb} &= d_4 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot K_{ms} \\
 &= (0,2) \cdot (8) \cdot 24 \cdot 1,3 = 49,92 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 6 7Pembebanan Pra-Komposit dan Post Komposit

- **Beban Hidup**

Beban Hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan yang bergerak pada jembatan. Penggunaan beban hidup di atas jembatan yang harus ditinjau dalam beban “D”, beban “BGT”, dan beban “T”.

- a. **Beban Terbagi Rata (BTR)**

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 memiliki rumus sebagai berikut:

Untuk $L \leq 30 \text{ m}$: $q = 9 \text{ kPa}$

Untuk $L > 30 \text{ m}$: $q = 9 + 0,5 + 15/L \text{ kPa}$

Karena panjang gelagar adalah 10 meter maka,

$L < 30 \text{ m}$: $q = 9 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{BTR}} &= q \times \lambda \times K^{\text{UTD}} \\
 &= (9 \text{ kN/m}^2) \cdot 8 \text{ m} \cdot 2 \\
 &= 144 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- e. **Beban Garis Terpusat (BGT)**

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 besarnya beban BGT adalah 49 kN/m. Dengan panjang utama sebesar 288 m dan bentang samping 80 m, maka:

DLA untuk $L > 90 \Rightarrow 0,3$

$$\begin{aligned}
 &= P (1 + \text{DLA}) \cdot K^{\text{UTD}} \\
 &= 49 (1 + 0,3) \cdot 2 = 127,4 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- c. **Beban Truk (T)**

Beban truk dianalisa sebagai beban terpusat yang berjalan di lantai kendaraan sepanjang jembatan. Untuk

pembebanan truk diambil sebesar 30% (SNI 1725:2016 ps. 8.6).

$$\begin{aligned} T_{(U)} &= 112,5 \text{ kN} \cdot (1+30\%) \cdot K^{UTT} \\ &= 112,5 \text{ kN} \cdot (1,3) \cdot 2 \\ &= 292,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

d. Beban Pelaksanaan

Berdasarkan pada SNI 1725:2016 ps. 10.3 beban pelaksanaan adalah beban aktivitas pada saat konstruksi. Pada desain ini diasumsikan sebesar 2,5 kN/m, dengan rincian :

3. Pekerja = 1 kN/m
4. Peralatan, dll. = 1,5 kN/m

$$\begin{aligned} {}^q\text{PLK} &= 2,5 \text{ kN/m} \times \text{Load Factor} \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \times 1,00 \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3) Kombinasi Beban

Merupakan pengaruh beban tersebut terhadap gelagar pada saat keadaan ultimit, sehingga dapat mendisain profil penampang yang dapat menahan beban tersebut. Pada Tabel 6.1 merupakan kombinasi pembebanan yang diberikan pada gelagar.

Tabel 6.4 Kombinasi pembebanan

Type	Beban
COMB1	DL + PLL
COMB2	DL + LL(BTR+BGT)
COMB3	DL + LL (T1)
COMB4	DL + LL (T2)

6.2.2. Hasil Analisa Gaya Dalam

Analisa gaya dalam untuk gelagar memanjang menggunakan program bantu SAP2000. Struktur dimodelkan sebagai balok sederhana dengan panjang 9,4 m. berikut hasil analisa dapat dilihat pada tabel 6.4.

OutputCase	V2	M3
	kN	kN-m
COMB1	330,802	600,752
COMB2	1269,452	2567,095

Tabel 6 Hasil analisa struktur dengan SAP2000

Dari hasil analisa di atas dapat dilihat bahwa COMB2 lebih menentukan, dengan memiliki nilai beban lebih besar.

6.2.3. Analisa Kapasitas Profil

- a. Kontrol Momen Lentur Akibat Tekuk Lokal

Badan :

$$\frac{H}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{912}{16} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$$57 \leq 82,97 \dots \text{Ok}$$

Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{450}{2.32} \leq \frac{170}{\sqrt{410}}$$

$$7,03 \leq 8,39 \dots \text{Ok}$$

Jadi : Penampang Kompak $\rightarrow M_n = M_p$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 17443,584 \text{ cm}^3 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 71518694,4 \text{ kgcm} = 7151,86 \text{ kNm}$$

$$M_u < \Phi \cdot M_p$$

$$2567,095 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 7151,86 \text{ kNm}$$

$$2567,095 \text{ kNm} < 6436,68 \text{ kNm} \dots \text{Ok}$$

Akibat Tekuk Lateral

$$\left. \begin{array}{l} L_b = 1000 \text{ cm} \\ L_p = 360 \text{ cm} \end{array} \right\} L_b > L_r \text{ Bentang Panjang}$$

$$M_n = M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y C_w}$$

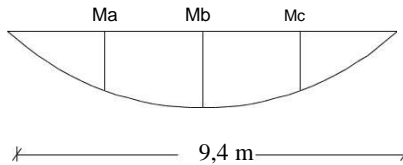
$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

$$M_{\max} = 2866,24 \text{ kNm}$$

$$M_A = 2018,26 \text{ kNm}$$

$$M_B = 2866,24 \text{ kNm}$$

$$M_C = 2018,26 \text{ kNm}$$



$$C_b = \frac{12,5 (2866,24)}{2,5(2866,24) + 3(2018,26) + 4(2866,24) + 3(2018,26)}$$

$$C_b = 1,165$$

$$J = \frac{1}{3} \left[2 (450) (32)^3 + 9400 (16)^3 \right] = 11195733,33 \text{ mm}^4$$

$$G = 8 \cdot 10^4$$

$$C_w = \frac{I_f \cdot h^2}{2} = \frac{1}{12 \times 32 \times 450^3 \times (9400 + 32)^2} = 1,294^{14}$$

$$M_n = 1,165 \frac{\pi}{9400} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \times 48,63 \cdot 10^7 \times 8 \cdot 10^4 \times 11,195 \cdot 10^6 + \left(\frac{\pi \cdot 2 \cdot 10^5}{9400}\right)^2 \times 48,63 \cdot 10^7 \times 1294000 \cdot 10^8}$$

$$M_n = 3492,52 \text{ kNm} < M_p = 7151,86 \rightarrow \text{digunakan } M_n$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 3492,52 = 3143,27 \text{ kNm} > M_u = 2567,095 \text{ kNm} \text{ ..Ok}$$

b. Menentukan Lebar Efektif

$$b_{eff1} = L = 9400$$

$b_{eff2} = S = 1250 \text{ mm}$ (Jarak antar gelagar) b_{eff} diambil terkecil adalah 1250 mm.

Beton di transformasi ke baja :

Dari perhitungan pelat lantai kendaraan, diketahui bahwa tebal

pelat (d_3) = 200 mm; $f'_c = 35 \text{ MPa}$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{4700\sqrt{35}} = 7,2$$

c. Cek Kreteria Penampang

$$\frac{h}{t_w} = \frac{912}{16} = 57 < \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{410}} = 54,32$$

Maka, Berpenampang Plastis

Maka, penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

d. Menentukan "C"

$$A_c = b_{eff} \times t_b = 1250 \times (200 - 54) = 182500 \text{ mm}^2$$

$$C1 = A_s \cdot f_y = 440,27 \times 4100 = 1805107 \text{ kg}$$

$$C2 = 0,85 f'_c \cdot A_c = 0,85 \times 350 \times 1898 = 564655 \text{ kg}$$

$$C3 = n \cdot C1 \text{ (untuk komposit penuh C3 tidak menentukan).}$$

$$C = C2 \text{ (terkecil)} = 564655 \text{ kg}$$

$$a = \frac{C}{0,85 \cdot f_c \cdot b_{eff}} = \frac{564655}{0,85 \times 350 \times 125} = 14,6 \text{ cm}$$

$$d1 = t_b - a/2 + h_r = 20 - 7,3 + 5,4 = 18,1 \text{ cm} \quad d2 = 0 \quad \square$$

profil baja tidak mengalami tekan

$$d3 = D/2 = 1000/2 = 500 \text{ cm}$$

e. Letak Garis Netral (xe)

$$xe = \frac{\frac{b_{eff} \cdot t_b \cdot \frac{t_b}{2} + A_s \cdot (\frac{t_b}{2} + t_b)}{n} + \frac{b_{eff} \cdot h_c}{n}}{\frac{125 \cdot 14,6 \cdot \frac{14,6}{2} + 486 \cdot (\frac{14,6}{2} + 14,6)}{7,2} + \frac{125 \cdot 14,6}{7,2}} = 23,44 \text{ cm}$$

f. Inersia Balok Komposit (I_{xx})

$$\begin{aligned} I_{xx} &= \frac{1}{n} \cdot \frac{b_{eff} \cdot x_e^3}{3} + I_s + A_s \cdot (d1)^2 \\ &= \frac{1}{7,2} \cdot \frac{125 \cdot 23,44^3}{3} + 789647,4 + 440 \cdot 27 \cdot (18,1)^2 \\ &= 1011395,091 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Momen Positif Penampang

$$\begin{aligned} M_n &= c \cdot (d1 + d2) + P_y \cdot (d3 - d2) \\ &= c \cdot (d1 + d2) + (A_s \times f_y) \cdot (d3 - d2) \\ &= 564655 \cdot (18,1 + 0) + (440,27 \times 4100) \cdot (500 - 0) \\ &= 912773755,5 \text{ kgcm} = 91277,375 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol kapasitas momen

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,85 \times M_n \\ &= 0,85 \times 91277,375 \text{ kNm} \\ &= 77585,77 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 77585,77 \text{ kNm} > M_u = 2567,095 \text{ kNm} \dots \text{Ok}$$

h. Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan harus memenuhi $0 < \Delta$ dan pembebanan tidak dikali dengan Load Factor, dimana :

$\Delta 0$ = Lendutan yang terjadi (akibat beban hidup saja)
 = Lendutan ijin

Mencari Δ Ijin

$$\Delta \text{ Ijin} = (1/800) \cdot L = (1/800) \cdot 1000 \text{ cm} = 1,25 \text{ cm}$$

Mencari Δ Terjadi

$$\Delta \text{ Terjadi} = \frac{q_{DL} \cdot L^4}{384 EI_x} + \frac{(q_{LL} \text{ BTR} + q_{LL} \text{ BGT}) \cdot L^4}{384 EI_{xx}}$$

$$= \frac{53,69 \cdot 9,4^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 7,89 \cdot 10^{-3}} + \frac{135,7 \cdot 9,4^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 0,01}$$

$$= 0,00265 \text{ m} \rightarrow 0,265 \text{ cm}$$

Chek : $\Delta \text{ Terjadi} \leq \Delta \text{ Ijin}$ $0,265 \text{ cm} \leq 1,25 \text{ cm} \dots \text{Ok}$

i. Kontrol Gaya Geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{912}{16} = 57$$

$$\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\sqrt{\frac{1100}{f_y}} = \frac{\sqrt{1100}}{410} = 54,32$$

maka, Plastis

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_{web} \\ &= 0,6 \cdot f_y \cdot (d \cdot tw) \\ &= 0,6 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 (91,2 \text{ cm} \cdot 1,6 \text{ cm}) \\ &= 358963,2 \text{ kg} = 3589,632 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } V_u < \phi \cdot V_n$$

$$1269,452 \text{ kN} < 0,9 \cdot (3589,632) \text{ kN}$$

$$1269,452 \text{ kN} < 3230,67 \text{ kN} \dots \text{Ok}$$

Kesimpulan : Balok memanjang memakai profil WF

450.200.8.12

6.2.4. Kebutuhan Shear Connector

Untuk jarak perhitungan shear connector (BMS pasal

7.6.8.3) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut:

$$= 600 \text{ mm}$$

$$= 2 \times \text{tebal plat lantai} = 400 \text{ mm}$$

$$= 4 \times \text{diameter shear connector}$$

$$= 4 \times 16 = 100 \text{ mm}$$

Tinggi minimum dari paku shear connector adalah 75mm dan jarak antara paku shear connector dengan ujung flens gelagar tidak boleh kurang dari 25 mm. Untuk diameter paku shear connector tidak boleh melebihi :

1,5 x tebal plat flens bila plat memikul tegangan tarik

$$= 1,5 \times 32 = 48 \text{ mm}$$

2,0 x tebal plat flens bila tidak terdapat tegangan tarik

$$= 2 \times 32 = 64 \text{ mm}$$

Digunakan shear connector jenis paku/ stud dengan data-data sebagai berikut :

$$\text{Diameter} = 25 \text{ mm} \quad A_{sc} = 490,87 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tinggi} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Melintang antar Stud} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Beton } f'_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu Stud} = 410 \text{ Mpa}$$

Kekuatan Stud Connector

$$(Q) E_c = w^{1,5} \times 0,041 f'_c{}^{0,5}$$

$$= 2400^{1,5} \times 0,041 \cdot 35^{0,5}$$

$$= 28519,03 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} (f'_c \cdot E_c)^{0,5}$$

$$= 0,5 \cdot 490,87 (35 \cdot 28519,03)^{0,5}$$

$$= 245209,84 \text{ N}$$

$$A_{sc} \times f_u = 490,87 \times 550 = 269978,5 \text{ N}$$

$$Q_n \leq A_{sc} \times f_u = O_k V_h = c = 18051070 \text{ N}$$

Jumlah Shear Connector

$$n = \frac{Vh}{Q_n} = \frac{18051070 \text{ N}}{245209,84} = 73,6 = 74 \text{ stud}$$

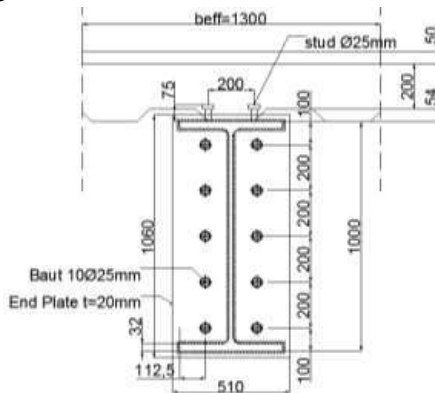
Jarak Shear Connector

$$s = \frac{\text{Lebar Plat Beton}}{n / 2} = \frac{9000}{37} = 243 \text{ mm} \rightarrow 240 \text{ mm}$$

6.3 Analisa Sambungan

Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah baut dan kemampuan plat penyambung yang dibutuhkan pada sambungan gelagar memanjang ke gelagar melintang. Pada

Gambar 6.10 merupakan hasil bentuk gelagar melintang yang telah dianalisa.



Gambar 6.9 Bentuk Penampang Melintang (satuan mm)

Data perencanaan:

V_u	= 1269,452 kN
M_u	= 2567,095 kNm
Baut (A325)	= Ø25 mm
Profil	= WF 800.300.26.28

Tebal Plat Penyambung = 20 mm

Sambungan Las (EXX70) Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$L_w = (45 \text{ cm} \cdot 2) + (93,6 \text{ cm} \cdot 2) + (43 \text{ cm} \cdot 4) + (3,2 \text{ cm} \cdot 4) \\ = 462 \text{ cm}$$

$$I_x = 7,8965 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$c = 225 \text{ mm}$$

$$f'_y = \frac{V_u}{A} = \frac{1269452}{1 \times 3768} = 336,90 \text{ N/mm}$$

$$f'_x = \frac{M_u \cdot c}{I_x} = \frac{(2567,095 \times 10^6) \times 225}{7,8965 \times 10^9} = 73,1458 \text{ N/mm}$$

$$R_n \text{ Perlu} = \sqrt{f'_x{}^2 + f'_y{}^2} \\ = \sqrt{73,1458^2 + 336,90^2} = 344,75 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 2 mm per mm panjang

$$\phi R_n = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_u) \text{ mutu las } f_u = 490 \text{ Mpa} =$$

$$0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_n \text{ Perlu}}{\phi R_n} = \frac{344,75}{155,89 a} = 2,21 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 6 \text{ mm}$

Sambungan Plat Badan ke Simpul Rangka

Perhitungan Baut Tipe Kuat Geser dan Kuat

Tumpu :

Jarak antar Baut : $3db < s < 15T_p$

$75 < 200 < 300 = \text{digunakan } s = 200 \text{ mm}$

Jarak antar Baut ke Tepi : $1,5db < s < 12T_p$

$37,5 < 100 < 240 = \text{digunakan } s = 100 \text{ mm}$

Lubang Baut = $db + 1,5 \text{ mm}$ $25 + 1,5 \text{ mm} = 26,5 \text{ mm}$

Bidang Geser (m) = 2

Satu deret (μ) = 100 mm

$$r_1 = 0,5 \text{ (Tidak ada ulir pada bidang geser)}$$

Rumus Baut Tipe Kuat Geser (V_d):

$$\begin{aligned}\phi V_d &= \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 825 \cdot 490,874 \cdot 2 \\ &= 303728,29 \text{ N} \\ &= 303,73 \text{ kN (menentukan)}\end{aligned}$$

Rumus Baut Tipe Kuat Tumpu (R_d):

$$\begin{aligned}\phi R_d &= \phi_f \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 25 \cdot 20 \cdot 550 \cdot 10^{-3} \\ &= 515,625 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$n \text{ baut} = \sqrt{\frac{6M_u}{\mu R_n}} = \sqrt{\frac{6 \times 2567,095}{100 \cdot 303,73}} = 0,712 \rightarrow 10 \text{ baut}$$

c. Kontrol Plat Penyambung (*End Plate*)

Digunakan penyambung tebal 20 mm setiap ujung dari melintang.

$$\begin{aligned}A_{gv} \\ A_{nv} \\ A_{gt}\end{aligned}$$

$$A_{nt} = ((2 \times 112,5) - 26,5) \times (20) = 3970 \text{ mm}^2$$

$$0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0,6 \times 550 \times 37350 = 12325500 \text{ N}$$

$$f_u \cdot A_{nt} = 550 \times 3970 = 2183500 \text{ N}$$

Karena $f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$, maka :

$$\begin{aligned}\text{Kuat Rencana } (\phi N_n) &= \phi \cdot (0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt}) \\ &= 0,75 \cdot (0,6 \cdot 550 \cdot 37350 + 410 \cdot 4500)\end{aligned}$$

$$= 10627875 \text{ N}$$

$$= 10627,875 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}\text{Geser Terjadi } (\phi N_n) &= M_u / d \\ &= 2567,095 \text{ kNm} / 1 \text{ m} \\ &= 2567,095 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$N_u = 1269,452 \text{ kN} < \phi N_n = 2567,095 \text{ kN} \dots \text{Ok}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII

PERENCANAAN PEMIKUL UTAMA

7.1 Umum

Konstruksi pemikul utama merupakan bagian utama dari konstruksi busur jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan kemudian diteruskan ke tumpuan.

Bentuk konstruksi pemikul utama yang dipilih menggunakan konstruksi busur dengan batang tarik. Pendekatan pertama bentuk geometrik busur persamaan parabola.

$$\begin{aligned}
 f = 31 \text{ m} \rightarrow \text{syarat : } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \text{ (A. Hool \& W.S Kinne)} \\
 = \frac{1}{6} \leq \frac{57}{288} \leq \frac{1}{5} \\
 = 0,167 \leq 0,197 \leq 0,2 \rightarrow Ok
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t = 10 \text{ m} \rightarrow \text{syarat : } \frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ (A. Hool \& W.S Kinne)} \\
 = \frac{1}{40} \leq \frac{10}{288} \leq \frac{1}{25} \\
 = 0,025 \leq 0,034 \leq 0,040 \rightarrow Ok
 \end{aligned}$$

Konstruksi pemikul utama ini terdiri dari :

1. Kabel Penggantung

Kabel Penggantung merupakan penyangga antara konstruksi lantai kendaraan dengan konstruksi utama yang berupa busur rangka. Digunakan profil kabel sebagai penyangga batang tarik karena bentang yang cukup panjang.

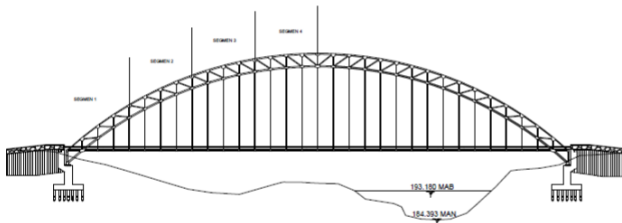
2. Konstruksi Busur

Konstruksi pemikul utama yang berbentuk busur ini mempunyai keuntungan yaitu dengan adanya bentuk busur akan terjadi pengurangan momen dilapangan akibat

gaya reaksi horizontal dan gaya normal pada penampang busur relatif berperan dari pada gaya momen, sehingga bentuk busur ini cukup relatif untuk bentang yang panjang. Penampang busur ini direncanakan menggunakan konstruksi dari rangka.

7.2. Penggantung Lantai Kendaraan

Panjang dari penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometrik busur. bentuk busur konstruksi pemikul utama dapat dilihat pada Gambar 7.1



Gambar 7 2Bentuk Pemikul Utama

Dengan menggunakan rumus pendekatan seperti berikut :

$$Y_n = \frac{4 x f x dx x (L - X)}{L^2}$$

Pada Tabel 7.1 merupakan hasil pendekatan menggunakan rumus parabola.

Tabel 7 1Panjang Penggantung

Titik	Panjang
1	3,22
2	6,67
3	9,76
4	12,57
5	15,04
6	17,23
7	19,11
8	20,81
9	22,23

10	23,56
11	24,42
12	25,17
13	25,65
14	25,99
15	26,49

7.2.1. Pembebanan Penggantung Beban Mati

$$\begin{aligned}\text{Berat Beton} &= d3. \lambda . B . \gamma_{\text{betonl}} \cdot K_{\text{ms}} \\ &= (0,2).(8). 10 . 24. 1,3 = 499,2 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Aspal} &= d4. \lambda . B . \gamma_{\text{aspal}} \cdot K_{\text{ms}} \\ &= (0,05).(8). 10 . 22. 1,3 = 114,4 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{G. Memanjang} &= (W . \lambda . n) K_{\text{ms}} \\ &= (1,51. 8 . 7) 1,1 = 93,016 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{G. Melintang} &= (W . B) K_{\text{ms}} \\ &= (3,46 . 10) 1,1 = 38,060 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Steeldeck} &= w . \lambda . K_{\text{ms}} \\ &= 0,101 . 8 . 1,1 = \underline{0,888 \text{ kN}}\end{aligned}$$

$$P_{\text{DL}} = 745.564 \text{ kN}$$

2) Beban Hidup

Beban Terbagi Rata (BTR)

$$L < 30 \text{ m} : q = 9 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned}q_{\text{BTR}} &= q \times \lambda \times B \times K^{\text{UTD}} \\ &= (9 \text{ kN/m}^2) . 8 \text{ m} . 10 \text{ m} . 2 \\ &= 1440 \text{ kN}\end{aligned}$$

Beban Garis Terpusat (BGT)

DLA untuk $L > 90 \rightarrow 0,3$

$$P^{*100\%} = P (1 + \text{DLA}) . \lambda . K^{\text{UTD}}$$

$$= 49 (1 + 0,3) \cdot 8 \cdot 2$$

$$= 1019,2 \text{ kN}$$

Beban Pelaksanaan

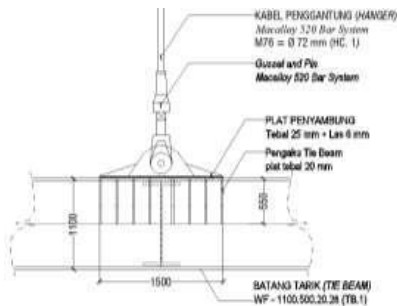
$$\begin{aligned} {}^p \text{PLK} &= {}^q \text{PLK} \times \lambda \\ &= 2,5 \text{ kN/m} \times 8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 20 \text{ kN}$$

Jadi total beban yang diterima oleh 1 kabel adalah

$$\begin{aligned} \text{Pu (Kabel)} &= \frac{\text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup} + \text{Beban Pelaksanaan}}{2} \\ &= \frac{745,564 + 1440 + 1019,2 + 20}{2} = 1612,382 \text{ kN} \end{aligned}$$

7.2.2 Analisa Kapasitas Profil



Gambar 7 Rencana Profil Pengantung

Data Perencanaan :

Profil Pengantung : M76 □ Ø72 mm (Brosur Macalloy)

Mutu *Macalloy 520 Bar System* :

$$f_y = 520 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 660 \text{ Mpa}$$

Kontrol Kekuatan Leleh :

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 520 \times (0,25 \cdot \pi \cdot 72^2) \\ &= 1905463,91 \text{ N} \\ &= 1905,464 \text{ kN... (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Putus :

Tidak ada pengurangan luasan akibat lubang dikarenakan *bar* yang dipakai merupakan satu bagian dengan *pin platnya* merupakan produk dari *Macalloy Bar*, $A=A_n=A_e$.

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,9 \times 660 \times (0,25 \cdot \pi \cdot 72^2) \\ &= 2418473,42 \text{ N} \approx 2418,473 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$P_u = 1612,382 \text{ kN} < \phi P_n = 2418,473 \text{ kN} = \text{ok}$$

Analisa Kabel Putus 1 :

Dari SAP 2000 untuk analisa kabel putus 1 tengah bentang pada jembatan, didapatkan $N_u = 1888,53 \text{ kN}$

$$P_u = 1888,53 \text{ kN} < \phi P_n = 1905,464 \text{ kN} \approx \text{Ok}$$

Sambungan Pada Penggantung

a. Kekuatan Ijin 1 *Pin*

Data Perencanaan :

Pada *Gusset Plate* dan *Pin* menggunakan merk *Macalloy*.

Mutu *Macalloy 520 Bar System* :

$$f_y = 520 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 660 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal Gusset} = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Plat} = 25 \text{ mm} \quad (f_y = 410 \text{ Mpa} ; f_u = 550 \text{ Mpa})$$

$$D_{\text{pin}} = 78,5 \text{ mm}$$

Kuat Geser *Pin*

$$\begin{aligned}V_d &= \phi f V_n \\ &= 0,75 \times r_1 \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 660 \times (0,25 \cdot \pi \cdot 78,5^2) \times 2 \\ &= 2395710,82 \text{ N} \approx 2395,72 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$V_u = 1612,382 \text{ kN} < \phi V_d = 2395,72 \text{ kN} \dots \text{Ok}$$

Kuat Tumpu *Pin*

$$\begin{aligned}R_d &= \phi f R_n 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{u_{\min}} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 78,5 \times 80 \times 550 \\ &= 6217200 \text{ N} \approx 6217,20 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$V_u = 1612,382 \text{ kN} < \phi R_d = 6217,20 \text{ kN} \dots \text{Ok}$$

Sambungan *Gusset* Ke Rangka Pemikul

Data Perencanaan :

$$P_u = 1888,53 \text{ kN}$$

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 38 - 1,6 = 36,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$fR_n \text{ Perlu} = \frac{V_{u\text{Badan}}}{A} = \frac{1888,53 \times 1000}{1 \times 1 \times (1800 \text{ mm})} = 1752,54 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi R_n = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_u w) \text{ mutu las } f_u w = 490 \text{ Mpa}$$

$$= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$\text{Perlu} = \frac{\phi R_n \text{ Perlu}}{\phi R_n} = \frac{1752,54}{155,89 a} = 11,24 \text{ mm} \rightarrow 12 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 12 \text{ mm}$

7.3. Konstruksi Busur

Konstruksi busur merupakan konstruksi utama dari jembatan ini dimana memiliki kemampuan menahan momen. Pada perencanaan ini menggunakan rangka busur menerus dimana geometri antara busur bawah dan busur atas berbeda.



Gambar 7 12Segmen Busur

Untuk mendapatkan nilai berat dari 1 segemen digunakan rumus :

$$g_n = A_n \cdot \Delta S_n \cdot \gamma_{baja}$$

$$\text{Dimana : } \gamma_{baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Pembebanan Busur

Beban Mati

Beban dari konstruksi Lantai Kendaraan:

Berat Kerb

$$= d \cdot 4 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot K_{ms}$$

$$= (0,2) \cdot (8) \cdot 24 \cdot 1,3 = 49,92 \text{ kN/m}$$

Berat Aspal

$$= d \cdot 4 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{aspal}} \cdot K_{ms}$$

$$= (0,05) \cdot (8) \cdot 22 \cdot 1,4 = 12,32 \text{ kN/m}$$

Berat Plat Kendaraan

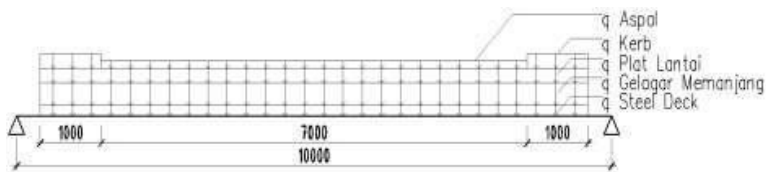
$$\begin{aligned} &= d3 \cdot \lambda \cdot \gamma_{\text{betonl}} \cdot K_{\text{ms}} \\ &= (0,2) \cdot (8) \cdot 24 \cdot 1,3 \\ &= 49,920 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Berat Gelagar Memanjang

$$\begin{aligned} &= (W \cdot \lambda / b1) K_{\text{ms}} \\ &= (1,51 \cdot 8 / 1,3) \cdot 1,1 = 10,221 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Berat *Steeldeck*

$$\begin{aligned} &= w \cdot K_{\text{ms}} \\ &= 0,101 \cdot 1,1 = 0,111 \text{ kN/m} \end{aligned}$$



Gambar 7.17 Permodelan Beban Mati

b. Beban Hidup

Beban Terbagi Rata (BTR)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 memiliki rumus sebagai berikut:

Karena panjang gelagar adalah 10 meter maka, $L < 30 \text{ m}$: $q = 9 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned} q_{\text{BTR}} &= q \times \lambda \times K^{\text{UTD}} \\ &= (9 \text{ kN/m}^2) \cdot 8 \text{ m} \cdot 2 = 144 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

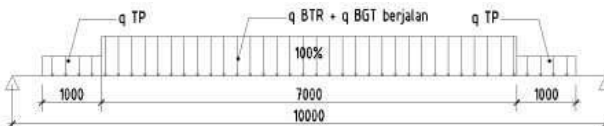
Beban Garis Terpusat (BGT)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.3.1 besarnya beban BGT adalah 49 kN/m. Dengan panjang utama sebesar 288 m dan bentang samping 80 m, maka:

$$\begin{aligned} \text{DLA untuk } L > 90 &= 0,3 \\ &= P (1 + \text{DLA}) \cdot K^{\text{UTD}} \\ &= 49 (1 + 0,3) \cdot 2 = 127,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban Pejalan Kaki (TP)

Berdasarkan SNI 1725:2016 ps. 8.9 besarnya beban TP adalah 5 kPa dan bekerja merata.



Gambar 7.22 Permodelan Beban Hidup Pembebanan untuk beban hidup yang terdiri dari beban BTR dan BGT

Dalam pembebanan hidup kendaraan, agar mendapatkan gaya yang maksimum maka digunakan garis pengaruh.

c. Beban Angin

Menurut SNI 1725-2016, Psl 9.6 diasumsikan angin rencana sebesar 90-126 km/jam. Ketinggian tekanan angin di hitung jika >10 m dari permukaan air atau permukaan tanah. Sehingga untuk menghitung kecepatan angin yang dipengaruhi ketinggian memiliki persamaan sebagai berikut :

$$V_{DZ} = 2,5 V_o \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_o} \right)$$

V_{DZ} = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana. (Km/Jam).

V_{10} = Kecepatan angin pada elevasi > 10 m diatas permukaan air / permukaan tanah. (m)

V_B = Kecepatan angin rencana 90-126 Km/Jam.

Z = Elevasi Struktur yang diukur dari permukaan tanah atau permukaan air. (m)

V_o = Kecepatan gesekan angin yang didasari dari tipe permukaan di hulu jembatan. (Km/Jam)

Z_o = Panjang gesekan di hulu jembatan. (m)

Misal peninjauan kecepatan angin pada ketinggian 57 m, sebagai berikut:

V_o = Sub Urban = 17,6 Km/Jam Z_o = Sub Urban = 1000 mm

Z = 72,94 m

V_{10} = 126 Km/Jam

V_B = 126 Km/Jam

$$V_{DZ} = 2,5 \times 17,6 \left(\frac{126}{126} \ln \frac{72940}{1000} \right)$$

$$V_{DZ} = 188,74 \text{ Km/Jam}$$

Beban Angin Pada Struktur (EWS)

Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal. Beban angin pada struktur memiliki persamaan sebagai berikut:

$$P^D = P \left(\frac{V_{DZ}}{B} \right)^2$$

Dimana:

P_B = Tekanan angin dasar (Mpa)

Misal peninjauan beban angin pada ketinggian 57 m, sebagai berikut:

P_B Angin Tekan = 0,0024 Mpa Rangka P_B Angin

Hisap = 0,0012 Mpa Rangka

$$P^D \text{ Tekan} = 0,0024 \left(\frac{188,74}{126} \right)^2 = 0,005385 \text{ MPa}$$

$$P^D \text{ Hisap} = 0,0012 \left(\frac{188,74}{126} \right)^2 = 0,0026926 \text{ MPa}$$

Setelah didapatkan hasil tersebut maka pada perencanaan ini beban diubah menjadi beban merata di masing-masing elemen.

Misal pada busur atas titik tertinggi yaitu 57 m memiliki tinggi penampang yang diterpa angin sebesar 800 mm, maka:

Untuk $L \leq 30 \text{ m}$: $q = 9 \text{ kPa}$

Untuk $L > 30 \text{ m}$: $q = 9 + 0,5 + 15/L \text{ kPa}$

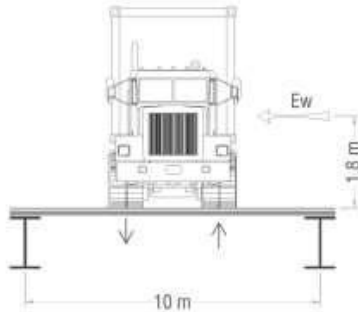
$q \text{ Tekan} = 0,005385 \text{ Mpa} \times 800 \text{ mm} = 4,308 \text{ N/mm}$

$q \text{ Hisap} = 0,0026926 \text{ Mpa} \times 800 \text{ mm} = 2,15 \text{ N/mm}$

Minimum beban $q \text{ Tekan}$ 4,4 N/mm dan $q \text{ Hisap}$ 2,2 N/mm. Berikut merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan pada pembebanan angin:

Beban Angin Pada Kendaraan (EW_L)

Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan. Dengan lebar jembatan adalah 10 m pada perencanaan ini.



Gambar 7.27 Permodelan Beban Angin Kendaraan

Maka, beban yang diterima pada lantai kendaraan adalah

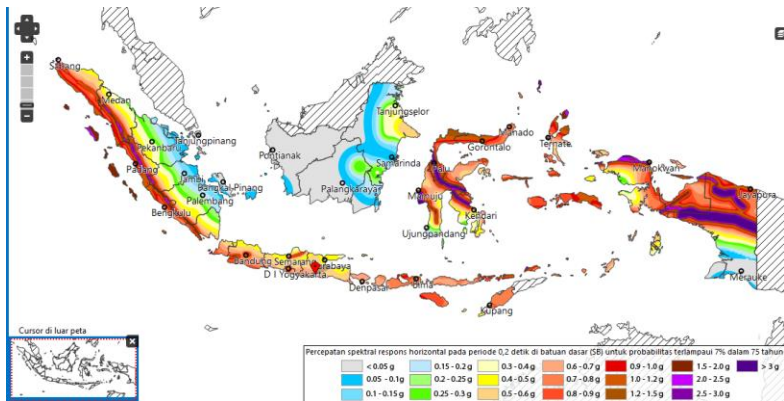
$$EW_{\text{tegak Lurus}} = 1,46 \text{ N/mm} \times \frac{1,8 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 0,263 \text{ N/mm} \\ = 0,263 \text{ kN/m}$$

Beban Temperatur

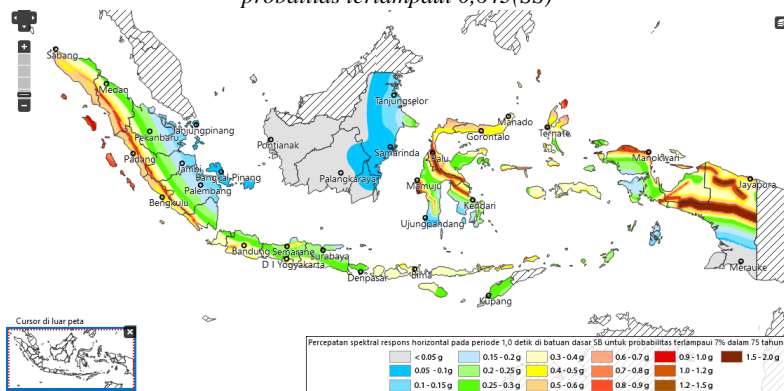
Menurut SNI 1725 – 2016, beban temperatur jembatan rata-rata nominal untuk lantai beton diatas gelagar, boks, dan rangka baja ditentukan, yaitu antara 15°C – 40°C. Sehingga beban temperatur yang diterima jembatan adalah 40-15 = 25°C dengan faktor beban ($K^{U_{ET}}$) sebesar 1,2.

Beban Gempa

Pada tugas akhir ini, beban gempa menggunakan *response spectrum analysis* dengan bantuan program SAP2000 berdasarkan (RSNI 2833-201X Ps.5.2.1).

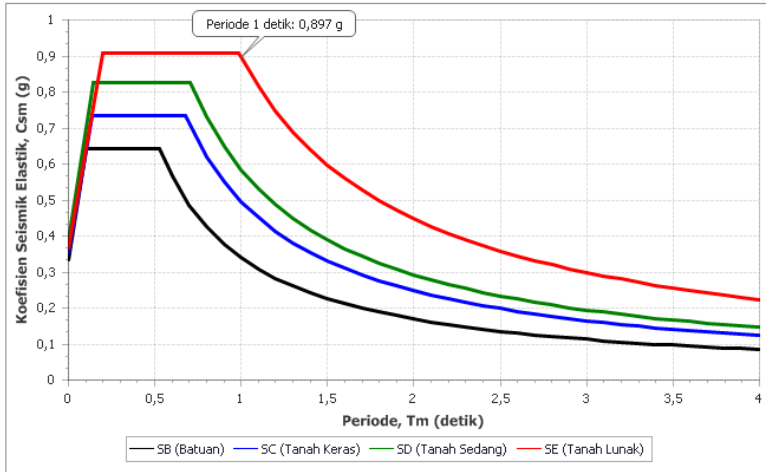


Gambar 7 32eta Respon Spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 0,643(SS)



Gambar 7 37Peta Respon Spektra percepatan 1,0 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 0,34 (S_I)

Dari hasil data tanah setempat diasumsikan struktur berada pada tanah sedang. Berikut grafik *response spectrum* yang didapatkan dari www.pusjatan.pu.go.id dengan kondisi tanahsedang:



Gambar 7 42Grafik Response Spectrum di Blitar

Grafik tersebut dimasukan ke dalam program bantu SAP2000 sesuai dengan jenis tanah sedang pada daerah lokasi jembatan seperti gambar 7.20 berikut:

Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%. Maka dari itu pada program SAP2000 digunakan variasi modal gempa 280 mode untuk memenuhi persyaratan tersebut.

Menurut SNI 1725-2016, psl. 9.7 beban rencanan gempa diperoleh sebagai berikut:

$$E = \frac{C_{sm}}{Q} \times W_t$$

Dimana :

E_Q = Gaya Gempa Horizontal Statis (kN)

C_{sm} = Koef. Respons Elastik

R = Faktor modifikasi Respons □ Rangka = 3

W_t = Berat Total Struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup (kN)

Kontrol Gempa Arah X

Reaksi arah X yang dihasilkan program SAP2000 pada masing-masing perletakan dan jumlah totalnya adalah :

$$Teq_{Specx} = 8719,47 \text{ kN}$$

Dari SAP2000, didapatkan waktu getar alami (T) terhadap arah X sebesar 1,76 detik (mode 1). Sehingga didapatkan nilai (S_{ds}) sebesar 0,11 pada grafik.

Kontrol Base Shear

$$T_{EQx} \geq 0,8 T_{Eqx}$$

$$8719,47 \text{ kN} > 3968,96 \text{ kN} = \text{Ok}$$

Karena *base shear* yang terjadi lebih dari 80% gaya geser dasar nominal arah X maka skala gempa yang dimasukkan ke program SAP2000 dapat digunakan.

Kontrol Gempa Arah Y

Reaksi arah Y yang dihasilkan program SAP2000 pada masing-masing perletakan dan jumlah totalnya adalah :

$$Teq_{Specx} = 4276 \text{ kN}$$

Dari SAP2000, didapatkan waktu getar alami (T) terhadap arah Y sebesar 1,76 detik (mode 1). Sehingga didapatkan nilai (S_{ds}) sebesar 0,11 pada grafik.

Kontrol Base Shear

$$T_{EQx} \geq 0,8 T_{Eqx}$$

$$4276 \text{ kN} > 3968,96 \text{ kN} \square \text{ Ok}$$

Karena *base shear* yang terjadi lebih dari 80% gaya geser dasar nominal arah Y maka skala gempa yang dimasukkan ke program SAP2000 dapat digunakan.

Kombinasi Beban

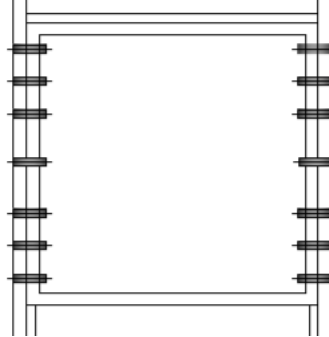
Jembatan ini terletak di Blitar yang memiliki kelas $\gamma_{EQ} = 0,3$ (jembatan penting) berdasarkan SNI 1725:2016 pasal 6.1.

Dari kombinasi tersebut diambil nilai yang terbesar untuk mendesain profil yang ditinjau.

7.4. Cek Penampang Busur

Pada peninjauan perhitungan manual ini hanya ditinjau BB11, mengingat rangka tersebut memiliki banyak tipe profil selanjutnya akan di rekapitulasi dari peninjauan yang telah ditentukan. Berikut contoh perhitungan kontrol penampang pada

Kontrol Penampang Busur BOX 800.800.50.50



Gambar 7 43 Penampang Profil

Kriteria dimensi flens dan web menurut (SNI 1729:2015

ps. B4. 2) untuk penampang box.

a. Cek *Local Buckling*

$$\frac{b}{t_f} = \frac{500}{38} = 13,16$$

$$\lambda_K = 1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,40 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{t_f} = 13,16 \\ \lambda_K = 30,92 \end{array} \right\} \frac{b}{t_f} < \lambda_K \rightarrow Ok$$

Cek *Flexural Buckling*

$$h = d - 2(t_f - r)$$

$$= 750 - 2(45 - 0) = 660 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{660}{40} = 16,5$$

$$\lambda_R = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,70 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 125,892$$

Karena, $h/t_w < \lambda_R = \text{Plastis}$

Profil yang digunakan : WFB 800.800.50.50

$$A = 1968 \text{ cm}^2 \quad g = 1544.88 \text{ kg/m}$$

$$d = 750 \text{ mm} \quad i_x = 44,62 \text{ cm}$$

$$b = 800 \text{ mm} \quad i_y = 31,75 \text{ cm}$$

$$t_w = 40 \text{ mm} \quad Z_x = 78720 \text{ cm}^3$$

$$t_f = 45 \text{ mm} \quad Z_y = 59472 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 48968,8 \text{ cm}^3 \quad I_x = 3917504 \text{ cm}^4$$

$$S_y = 52890,24 \text{ cm}^3 \quad I_y = 1983384 \text{ cm}^4$$

Panjang Tekuk : $L_{kx} = 821 \text{ cm}$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$N_u = 17113,721 \text{ kN (tekan)} \rightarrow (\text{Comb. Kuat I})$$

$$N_u = 2766,23 \text{ kN (tarik)} \rightarrow (\text{Comb. Kuat II})$$

$$M_{u_y} = 1319.582 \text{ kN} \rightarrow (\text{Comb. Kuat I})$$

$$M_{u_z} = 333,727 \text{ kN} \rightarrow (\text{Comb. Kuat II})$$

$$T_u = 150,46 \text{ kN} \rightarrow (\text{Comb. Kuat V})$$

$$V_{u_y} = 177,27 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat I})$$

$$V_{u_z} = 116,957 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat II})$$

Kontrol Sebagai Batang Tekan : (SNI 1729:2015 ps.

$$\lambda_x = \frac{K_x \cdot L_{kx}}{i_x} = \frac{1 \cdot 821}{44,62} = 18,40$$

$$\lambda_y = \frac{K_y \cdot L_{ky}}{i_y} = \frac{1 \cdot 821}{31,75} = 25,858 \text{ (menentukan)}$$

Maka Nilai F :

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \cdot L}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{25,858^2} = 2952,16 \text{ MPa}$$

$$F = (0,658^{f_e}) \cdot f_y$$

$$F = (0,658^{410/2952,16}) \cdot 410 = 386,85 \text{ MPa}$$

Kekuatan Nominal :

$$N_n = A_g \times F_{cr} = 196800 \times 386,85 \\ 76132080 \text{ N} = 76132,08 \text{ kN}$$

Kekuatan Rencana :

$$\phi N_n = 0,85 \times 76132,08 = 64712,268 \text{ kN}$$

$$N_u = 17113,721 \text{ kN} < \phi N_n = 64712,268 \text{ kN} = \text{Ok}$$

Penampang box tersebut masih mampu menahan gaya tekan yang terjadi.

Kontrol Sebagai Batang Tarik: (SNI 1729:2015 ps. D3)

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{\min}} = \frac{2452,541}{44,62} = 54,965 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$N_n = \phi \times A_g \times f_y = 0,9 \times 1968 \times 4100$$

$$= 7261920 \text{ kg} \rightarrow 72619,2 \text{ kN}$$

$$N_u < N_n$$

$$2766,23 \text{ kN} < 72619,2 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 1968 - 4,5 \times (3,5 + 0,15) = 1951,575 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 1672,8 \text{ cm}^2$$

$$\bar{x} = \frac{B^2}{4(B + H)} = \frac{750^2}{4(750 + 800)} = 90,72$$

$$u = 1 - \left[\frac{x}{L} \right] = 1 - \left[\frac{90,72}{821} \right] = 0,889$$

$$A_e = u \times A_n = 0,889 \times 1672,8 = 1487,12 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 1487,12 \\ &= 6134370 \text{ kg} \rightarrow 61343,70 \text{ kN} \quad N_u < N_n \end{aligned}$$

$$2766,23 \text{ kN} < 61343,70 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Terhadap Lentur : (SNI 1729-2015 Tabel B4.1

Badan :

Sayap :

$$\frac{h}{2tw} \leq 2,42 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\frac{bf}{2tf} \leq 1,12 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\frac{660}{80} \leq 2,42 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$\frac{800}{90} \leq 1,12 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

8,25 ≤ 53,448...Ok
 Jadi : Penampang Kompak → Mn = Mp Berdasarkan SNI 1729-2015 F7.1 nilai Mn = Zx . fy

$$\begin{aligned} Mn &= Zx \cdot fy \\ &= 78720 \text{ cm}^3 \cdot 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 322752000 \text{ kgcm} = 32275,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$Mu_y < \Phi \cdot Mn$$

$$1319.582 \text{ kNm} < 0,9 \cdot 32275,2 \text{ kNm}$$

$$1319.582 \text{ kNm} < 29047,68 \text{ kNm}$$

Penampang box tersebut masih mampu menahan gaya lentur yang terjadi.

Kontrol Terhadap Beban Kombinasi Aksial dan Lentur: (SNI 1729-2015 ps. H1)

Dimana :

$$Pr = Pu = 17113,721 \text{ kN}$$

$$Pc = \phi Pn = 64712,268 \text{ kN}$$

$$Mr_y = Mu_y = 1319.582 \text{ kNm}$$

$$Mc_y = \Phi \cdot Mn_y = 29047,68 \text{ kNm}$$

$$Mr_z = Mu_z = 333,725 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} Mc_z &= \Phi \cdot Mn_z = 0,9 \times 59472 \times 4100 \\ &= 219451680 \text{ kgcm} \rightarrow 21945,168 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\frac{Pr}{Pc} > 0,2$$

$$Pc$$

$$\frac{17113,721}{64712,268} > 0,2$$

$$0,264 > 0,2 \rightarrow \text{Rumus 1}$$

Rumus 1 : (SNI1729-2015 ps. H1.a)

Penampang box tersebut masih mampu menahan gaya kombinasi (Aksial + Lentur) yang terjadi.

Kontrol Terhadap Torsi: (SNI 1729-2015 ps. H3)

$$\frac{h}{t} \leq 2,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{800}{45} \leq 2,45 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$17,78 \leq 54,11 \rightarrow \text{sehingga menggunakan } f_{cr} = 0,6 f_y$$

$$f_{cr} = 0,6 f_y$$

$$= 0,6 \cdot 410 \text{ N/mm}^2$$

$$= 246 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} C &= 2 (b - t_f) (h - t_w) t_f - 4,5 (4 - \pi t)^3 \\ &= 2 (750 - 45) \times (800 - 40) 45 - 4,5 (4 - \pi \cdot 45)^3 \\ &= 59869269,53 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$T_c = 0,9 \cdot f_{cr} \cdot C$$

$$= 0,9 \cdot 246 \text{ N/mm}^2 \cdot 59869269,53 \text{ mm}^3$$

$$= 1,3255 \times 10^{10} \text{ Nmm} \rightarrow 13255,056 \text{ kNm}$$

$$T_u < T_c$$

$$150,46 \text{ kNm} < 13255,056 \text{ kNm}$$

Kontrol Terhadap Geser: (SNI 1729-2015 ps. G2)

$$\frac{h}{t} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v \cdot E}{f_y}} \rightarrow K_v = 5 \text{ untuk penampang Persegi}$$

$$\frac{800}{45} < 1,10 \sqrt{\frac{5 \cdot 200000}{410}} \rightarrow C_v = 1$$

$$17,78 < 54,32$$

$$V_n = 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$V_n = 0,6 \cdot 410 \cdot (2 \times 800 \times 45) \cdot 1$$

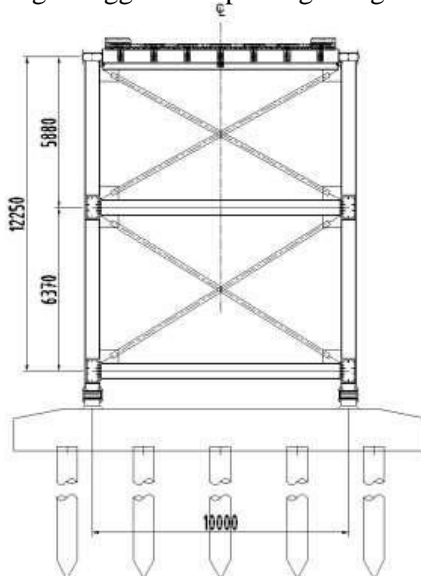
$$= 17712000 \text{ N} = 17712 \text{ kN} > V_{u_y} = 177,27 \text{ kN}$$

$$\text{Kontrol Lendutan : } \Delta_{\text{Terjadi}} < \Delta_{\text{Ijin}}$$

$$0,22 \text{ m} < (288/800) = 0,36 \text{ m Ok}$$

7.5. Portal Akhir

Portal akhir adalah konstruksi yang meneruskan gaya dari ikatan angin dan busur ke tumpuan (pondasi). Sebagai kolom pada portal akhir menggunakan profil WFB 750.600.32.38, ini dilakukan untuk memenuhi luasan profil sebagai portal akhir dan juga agar memudahkan untuk menyambung dengan busur yang menggunakan profil gabungan.



Gambar 7.56 Permodelan Portal Akhir

7.5.1. Balok Portal Akhir

Dari SAP 2000, beban yang bekerja pada balok sebesar :

$$V_u = 112,833 \text{ kN}$$

$$M_u = 2253,95 \text{ kN}$$

Direncanakan balok profil WF 1000.450.16.32 dengan data sebagai berikut:

$$W = 345,61 \text{ kg/m} \quad A = 440,27 \text{ cm}^2$$

$$d = 1000 \text{ mm} \quad b_f = 450 \text{ mm}$$

$$t_f = 32 \text{ mm} \quad t_w = 16 \text{ mm}$$

$$i_x = 42,35 \text{ cm} \quad i_y = 10,51 \text{ cm}$$

$$f_y = 410 \text{ Mpa} \quad f_u = 550 \text{ Mpa}$$

$$I_x = 789647,4 \text{ cm}^4 \quad I_y = 48635 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 15792,9 \text{ cm}^3 \quad S_y = 2161,6 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 17443,584 \text{ cm}^3 \quad Z_y = 3299,904 \text{ cm}^3$$

$$h = d - 2(t_f + r) = 1000 - 2(16 + 28) = 912 \text{ mm}$$

$$L = 1000 \text{ cm}$$

Profil yang digunakan sama seperti balok melintang, sehingga analisa kapasitas profil dapat disamakan dengan balok melintang. Dari analisa tersebut didapatkan kapasitas sebagai berikut:

$$M_n = 77585,77 \text{ kNm} \quad (\text{Post Komposite})$$

$$V_n = 3230,67 \text{ kN}$$

Sehingga didapatkan hasil kontrol sebagai berikut:

$$M_u = 2253,95 \text{ kN} < M_n = 77585,77 \text{ kNm} \quad \square \text{ Ok}$$

$$V_u = 112,833 \text{ kN} < V_n = 3230,67 \text{ kN} \quad \square \text{ Ok}$$

7.5.2 Kolom Portal Akhir

Beban yang bekerja pada kolom portal, $P_u = 11030,651$

kN digunakan profil WFB 750.600.32.38 dengan mutu BJ-55

$$W = 7054,537 \text{ kg/m}$$

$$A = 1343,36 \text{ cm}^2$$

$$d = 750 \text{ mm}$$

$$bf = 1200 \text{ mm}$$

$$tf = 38 \text{ mm}$$

$$tw = 32 \text{ mm}$$

$$ix = 33,226 \text{ cm}$$

$$iy = 31,35 \text{ cm}$$

$$fy = 410 \text{ Mpa}$$

$$fu = 550 \text{ Mpa}$$

$$Ix = 1482992,1 \text{ cm}^4$$

$$Iy = 1320226,8 \text{ cm}^4$$

$$Sx = 24716,535 \text{ cm}^3$$

$$Sy = 35206,05 \text{ cm}^3$$

$$Zx = 40300,8 \text{ cm}^3$$

$$Zy = 39735,62 \text{ cm}^3$$

$$h = d - 2(tf + r) = 750 - 2(32 + 0) = 686 \text{ mm}$$

Kontrol terhadap Kolom : (SNI 1729:2015 ps. E3)

Panjang Tekuk :

$$L = 1275,7 \text{ cm}$$

Tekuk terhadap sumbu X :

$$\lambda_x = \frac{L_{k_x}}{i_x} = \frac{1275,7}{33,226} = 38,395$$

$$\lambda_y = \frac{L_{k_y}}{i_y} = \frac{1275,7}{31,35} = 40,692 \text{ (menentukan)}$$

$$N_{crbx} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2} A_g = \frac{\pi^2 2000000}{38,395^2} 1343,36$$

$$= 17987582,95 \text{ kg} \rightarrow 179875,83 \text{ kN}$$

$$N_{crby} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_y^2} A_g = \frac{\pi^2 2000000}{40,692^2} 1343,36$$

$$= 16014157 \text{ kg} \rightarrow 160141,57 \text{ kN}$$

Maka Nilai F_{cr} :

$$F_{cr} = \left(0,658 \sqrt{\frac{f_y}{E}} \right) f_y$$

$$F_e = \left(\frac{\pi^2 E}{\frac{K \cdot L^2}{r^2}} \right) = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{40,692^2} = 1192,097 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \sqrt{\frac{410}{1192,097}} \right) \cdot 410 = 355,031 \text{ MPa}$$

Kekuatan Nominal Kolom :

$$N_n = A_g \times F_{cr} = 134336 \times 355,031 \\ = 47693444,42 \text{ N} \rightarrow 47693,44 \text{ kN}$$

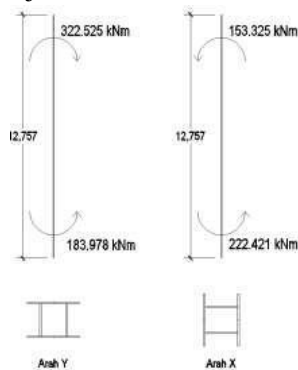
Kuat Rencana Kolom :

$$\phi N_n < \phi N_n = 0,85 \times 47693,44 \text{ kN}$$

$$11030,651 \text{ kN} < 40539,43 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Kolom :

Gaya yang bekerja $\rightarrow P_u = 11030,651 \text{ kN}$



$$C_{mx} = 0,6 - 0,4\beta \dots (LRFD 7.4 - 4)$$

$$= 0,6 - 0,4 \left(\frac{153,325}{222,421} \right) = 0,324$$

$$C_{mx} = 0,6 - 0,4\beta \dots (LRFD 7.4 - 4)$$

$$= 0,6 - 0,4 \left(\frac{153,325}{222,421} \right) = 0,324$$

$$\delta_{bx} = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crbx}} \right)} = \frac{0,324}{1 - \left(\frac{11030,651}{179875,83} \right)}$$

$$= 0,345 < 1,0 \rightarrow \delta_{bx} = 1$$

$$M_{ux} = \delta_{bx} \times M_{utx}$$

$$= 1 \times 222,421 \text{ kNm} = 222,421 \text{ kNm}$$

Terhadap Sumbu Y

$$C_{my} = 0,6 - 0,4\beta \dots (LRFD 7.4 - 4)$$

$$= 0,6 - 0,4 \left(\frac{183,978}{322,525} \right) = 0,372$$

$$\delta_{by} = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crby}} \right)} = \frac{0,372}{1 - \left(\frac{322,525}{160141,57} \right)}$$

$$= 0,373 < 1,0 \rightarrow \delta_{by} = 1$$

$$M_{uy} = \delta_{by} \times M_{uty}$$

$$= 1 \times 322,525 \text{ kNm} = 322,525 \text{ kNm}$$

Cek *Lokal Buckling*

$$\frac{h}{t_f} \rightarrow \frac{600}{38} = 15,79$$

$$\lambda_R = 1,40 \quad \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,40 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 30,92$$

$$\text{Karena : } \frac{b}{t_f} < \lambda_R \rightarrow Ok$$

Cek *Flexural Buckling*

$$\frac{h}{t_w} = \frac{686}{32} = 21,44$$

$$\lambda_R = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,70 \sqrt{\frac{200000}{410}} = 125,892$$

$$\text{Karena : } h < \lambda_R \rightarrow Ok$$

Terhadap sumbu X

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_x \cdot f_y = 40300,8 \times 4100 \\ &= 165233280 \text{ kgcm} = 16523,33 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Terhadap Sumbu Y

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y \cdot f_y \\ &= 39735,62 \cdot 4100 \\ &= 162916042 \text{ kgcm} = 16291,604 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol *Lateral Buckling*

$$L_b = 1275,7 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 31,35 \sqrt{\frac{200000}{410}} \\ &= 1218,63 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} h t_w^3 + \frac{2}{3} b t_f^3 \\ &= \frac{1}{3} \times 68,6 \times 3,2^3 + \frac{2}{3} \times 120 \times 3,8^3 \end{aligned}$$

$$= 5139,055 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}} \\ &= \frac{\pi \times 10^6}{24716,535} \sqrt{\frac{8 \times 10^5 \times 5139,055 \times 1343,36}{2}} \\ &= 298706,81 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$= \frac{I_y h^2}{2} = \frac{1320226,8 \times 68,6^2}{2} = 3106467256$$

$$= 4 \left(\frac{S_x^2}{G \cdot J} \right) \frac{I_w}{I_y}$$

$$= \frac{I_y h^2}{2} = \frac{1320226,8 \times 68,6^2}{2} = 3106467256$$

$$\begin{aligned} &= 4 \left(\frac{S_x^2}{G \cdot J} \right) \left(\frac{I_w}{I_y} \right) \\ &= 4 \left(\frac{24716,535^2}{8 \times 10^5 \cdot 5139,055} \right) \times \left(\frac{3106467256}{1320226,8} \right) \\ &= 3,402 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{kg} \end{aligned}$$

$$= f_y - f_r$$

$$= 4100 - 700 = 3400 \text{ kg/cm}^2$$

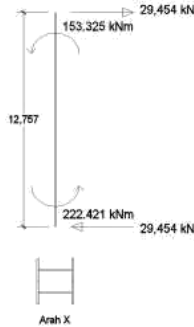
$$L_r = 1, y \left[\frac{X_1}{(f_y - f_r)} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}} \dots \dots \dots (\text{LRFD 8.3.3})$$

$$= 31,35 \left[\frac{298706,81}{3400} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + (3,402 \times 10^{-7}) 3400^2}}$$

$$= 4943,075 \text{ cm}$$

Karena $L > L_r$ dan penampang kompak, maka:

$$\begin{aligned}
 M_{nx} = M_p &= Z_x \times f_y \\
 &= 40300,8 \times 4100 \\
 &= 165233280 \text{ kgcm} \rightarrow 16523,33 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$



Gambar 7 71Gaya Momen dan Aksi Arah sumbu x

$$V = \frac{M_1 + M_2}{L} = \frac{153,325 + 222,421}{12,757} = 29,454 \text{ kN}$$

$$M_a = V \times \frac{L}{4} - M_1 = 29,454 \times \frac{12,757}{4} - 153,325 = -59,389 \text{ kNm}$$

$$M_b = V \times \frac{L}{2} - M_2 = 29,454 \times \frac{12,757}{2} - 222,421 = -34,549 \text{ kNm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{Max}}}{2,5 M_{\text{Max}} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} < 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 222,421}{(2,5 \times 222,421) + (3 \times 59,389) + (4 \times 34,549) + (3 \times 59,387)} < 2,3$$

$$C_b = 2,64 > 2,3 \text{ digunakan } 2,3$$

$$M_n = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\lambda \cdot E}{L} \right)^2 \cdot I_y \cdot I_w}$$

$$= 2,3 \frac{\pi}{1275,7} \sqrt{2 \times 10^6 \cdot 1320226,8 \cdot 8 \times 10^5 \cdot 5139,055 + \left(\frac{\pi \cdot 2 \times 10^6}{1275,7} \right)^2 \cdot 1320226,8 \cdot 3106467256} < M_p$$

$$= 590688801,2 \text{ kgcm}$$

$$= 59068,88 \text{ kNm} > M_p = 16523,33 \text{ kNm}$$

Maka, digunakan $M_n = M_p = 16523,33 \text{ kNm}$ Karena $M_{nx} = 11379,46 \text{ kNm} < M_p = 16523,33 \text{ kNm}$, maka digunakan $M_{nx} = 11379,46 \text{ kNm}$.

o Kontrol Interaksi Kolom (SNI 1729-2015 ps. H1)

$$P_r = P_u = 11030,651 \text{ kN}$$

$$P_c = \phi P_n = 46650,75 \text{ kN}$$

$$M_{rx} = M_{ux} = 222,421 \text{ kNm}$$

$$M_{cx} = \Phi \cdot M_{nx} = 14044,3 \text{ kNm}$$

$$M_{ry} = M_{uy} = 322,524 \text{ kNm}$$

$$M_{cy} = \Phi \cdot M_{ny} = 13847,86 \text{ kNm}$$

$$\frac{P_r}{P_c} \leq 0,2 \quad \frac{11030,651}{46650,75} = 0,236 > 0,2 \text{ Rumus 1}$$

Rumus 1 : (SNI1729-2015 ps. H1.a)

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{11030,651}{46650,75} + \frac{8}{9} \left(\frac{222,421}{14044,3} + \frac{322,524}{13847,86} \right) \leq 1,0$$

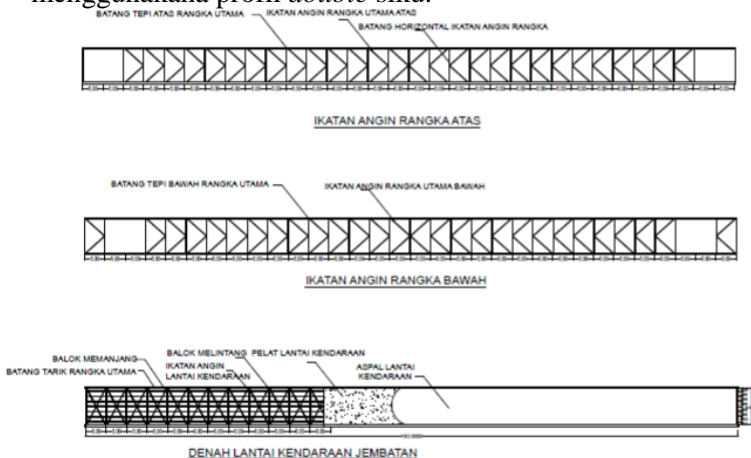
Didapatkan $0,27 < 1,0 \rightarrow \text{Ok}$

BAB VIII

PERENCANAAN IKATAN ANGIN

8.1. Ikatan Angin

Ikatan angin dipasang berbentuk X, dimana ikatan angin pada busur atas, busur bawah dan ikatan angin kendaraan memiliki bentuk yang sama. Pada ikatan angin busur menggunakan profil penampang berbentuk lingkaran agar lebih efisien dan pada ikatan angin lantai kendaraan menggunakan profil *double siku*.



Gambar 8 Ikatan Angin Tinjauan 1/2 Bentang Jembatan

Beban angin diasumsikan menjadi beban merata pada rangka busur yang disesuaikan pada tinggi penampangannya.

8.1.1. Ikatan Angin Pada Konstruksi Busur Atas

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada ikatan angin busur atas (IKA29).

Profil yang digunakan : Ø 12" dan tebal 10,31 mm

$A = 101,54 \text{ cm}^2$

$\varnothing = 323,8 \text{ mm}$

$t = 10,31 \text{ mm}$

$L = 12,64 \text{ m}$

$i_x = 11,09 \text{ cm}$

$i_y = 11,09 \text{ cm}$

$$I_x = 12487,029 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 12487,029 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 771,280 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 771,280 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 1013,591 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 1013,591 \text{ cm}^3$$

Cek Penampang: (SNI 1729:2015 ps. B4. 2)

$$\frac{h}{t} = \frac{323,8}{10,31} = 31,406$$

$$\lambda_R = 0,31 \frac{E}{f_y} = 0,31 \times \frac{200000}{410} = 151,22$$

Karena $D/t > \lambda_R$ maka penampang kompak.

Kontrol Untuk Batang Tekan: (SNI 1729:2015 ps. E3) Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 522,165 \text{ kN} \quad \square \quad (\text{Komb. Kuat I})$$

Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{x-y}} = \frac{1264}{11,09} = 113,98 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kekuatan Nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times F_{cr} = 10154 \times 133,12 \\ &= 41351700,48 \text{ N} \rightarrow 1351,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kekuatan Rencana :

$$\phi N_n = 0,85 \times 1351,7 = 1148,94 \text{ kN}$$

$$N_u = 522,165 \text{ kN} < \phi N_n = 1148,94 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Sebagai Batang Tarik: (SNI 1729:2015 ps. D3) Dari

Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 522,165 \text{ kN} \quad \square \quad (\text{Komb. Kuat I})$$

Panjang Tekuk :

$$L = 1264 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 1264 = 1264 \text{ cm}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kr}}{i} = \frac{1264}{11,09} = 113,98 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$\begin{aligned} N_n &= \phi \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 101,54 \times 4100 \\ &= 374682,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$N_n = 3746,83 \text{ kN} > N_u = 522,165 \text{ kN} = \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 101,54 - (2 \times 2,0 \times 1,031) = 97,416 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 86,31 \text{ cm}^2$$

$$L > 1,3 D = u = 1$$

$$A_e = u \times A_n = 1 \times 86,31 = 86,31 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 86,31 \\ &= 356028,75 \text{ kg} = 3560,28 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi N_n = 3560,28 \text{ kN} > N_u = 522,165 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Sambungan Baut:

$$P_u = 427,80 \text{ kN}$$

Direncanakan :

$$\text{Baut (A325)} = \varnothing 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Plat Penyambung} = 20 \text{ mm (BJ55)}$$

Kontrol Kekuatan Geser :

$$\begin{aligned} \phi V_d &= \phi \times r \times f^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times (0,25 \times \pi \times 2,0^2) \times 1 \\ &= 9714,37 \text{ kg} = 97,144 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kontrol Kekuatan Tumpu :

$$\begin{aligned} \phi R_d &= \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 2,0 \times 5500 \\ &= 39600 \text{ kg} = 396 \text{ kN} \end{aligned}$$

Digunakan $V_d = 97,144 \text{ kN}$

$$\text{Jumlah baut } (n) = \frac{P_u}{V_d} = \frac{522,16}{97,144} = 5,37 \rightarrow 6 \text{ baut}$$

Jarak Baut :

$$3 \text{ db} < S < 1,5 \text{ tp}$$

$$1,5 \text{ db} < S1 < 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka,

$$60 < 80 < 300$$

$$30 < 50 < 180$$

Kontrol Sambungan Las:

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = \text{tp} - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$R_n \text{ Perlu} = \frac{P_u}{A} = \frac{522160}{1 \times \pi \ 323,8} = 513,57 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa} = 0,75 \cdot 0,707 \text{ a} \times 0,6 \times 490 = 155,89 \text{ a}$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_n \text{ Perlu}}{\phi R_n} = \frac{513,7}{155,89 \text{ a}} = 3,29 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

digunakan tebal las (a) = 6 mm

8.1.2. Ikatan Angin Pada Konstruksi Busur Bawah

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada ikatan

angin busur atas (IKB 14)

Profil yang digunakan : $\emptyset 18''$ dan tebal 7,92 mm

$$A = 111,787 \text{ cm}^2 \quad \emptyset = 457,2 \text{ mm}$$

$$t = 7,92 \text{ mm} \quad L = 13,604 \text{ m}$$

$$i_x = 15,887 \text{ cm} \quad i_y = 15,887 \text{ cm}$$

$$I_x = 28214,429 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 28214,429 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 1234,227 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 1234,227 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 1598,837 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 1598,837 \text{ cm}^3$$

Kontrol Sebagai Batang Tekan: (SNI 1729:2015 ps. E3) Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 1326,177 \text{ kN} = (\text{Komb. Kuat III})$$

Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{K \cdot L_{x=y}}{I_{x=y}} = \frac{1360,4}{15,887} = 85,63 < 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 104,026$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \cdot L}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{85,63^2} = 269,22 \text{ MPa}$$

$$F' = (0,658^{f_y/f_e}) f_y = 0,658^{269,22/410} \cdot 410 = 216,74 \text{ MPa}$$

- Kekuatan Nominal :

$$N_n = A_g \times F_{cr} = 11178,7 \times 216,74$$

$$= 2422871,44 \text{ N} \rightarrow 2422,87 \text{ kN}$$

- Kekuatan Rencana :

$$\phi N_n = 0,85 \times 2639,179 = 2243,30 \text{ kN}$$

$$N_u = 1326,177 \text{ kN} < \phi N_n = 2243,30 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Sebagai Batang Tarik: (SNI 1729:2015 ps. D3) Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 1326,177 \text{ kN} \square (\text{Komb. Kuat III})$$

Panjang Tekuk :

$$L = 1360,4 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 1360,4 = 1360,4 \text{ cm}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{x=y}} = \frac{1360,4}{15,887} = 85,63 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$\begin{aligned} N_n &= \phi \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 111,787 \times 4100 \\ &= 412494,03 \text{ kg} = 4124,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &> N_u \\ 4124,94 \text{ kN} &> 1326,177 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 111,787 - (2 \times 2,0 \times 0,792) = 108,62 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 95,019 \text{ cm}^2$$

$$L > 1,3 D = u = 1$$

$$A_e = u \times A_n = 1 \times 95,019 = 95,019 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 95,019 \\ &= 391953,37 \text{ kg} = 3919,53 \text{ kN} \quad N_n > N_u \\ 3919,53 \text{ kN} &> 1326,177 \text{ kN} = \text{Ok} \end{aligned}$$

- Kontrol Sambungan Baut:

$$P_u = 1326,177 \text{ kN}$$

Direncanakan :

$$\text{Baut (A325)} = \text{Ø}29 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Plat Penyambung} = 20 \text{ mm (BJ55)}$$

- Kontrol Kekuatan Geser :

$$\phi V_d = \phi \times r \times f_u^b \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,9^2 \right) \times 1$$

$$20424,47 \text{ kg} = 204,24 \text{ kN}$$

Kontrol Kekuatan Tumpu :

$$\begin{aligned} \phi R_d &= \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,9 \times 2,0 \times 5500 \\ &= 57420 \text{ kg} = 574,20 \text{ kN} \end{aligned}$$

Digunakan $V_d = 204,24 \text{ kN}$

$$\text{Jumlah baut (n)} = \frac{P_u}{V_d} = \frac{1326,17}{204,24} = 6,49 = 8 \text{ baut}$$

Jarak Baut :

$$3 d_b < S < 1,5 t_p$$

$$87 < 90 < 300$$

$$1,5 d_b < S_1 < 4 t_p + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$43,5 < 50 < 180$$

Kontrol Sambungan Las:

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$R_n \text{ Perlu} = \frac{P_u}{A} = \frac{1326177}{1 \times \pi 457,2} = 923,8 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e (0,60 f_{uw}) \text{ mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa} = 0,75 \cdot$$

$$0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_n}{\phi R_n} = \frac{923,8}{155,89 a} = 5,92 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm}$$

8.1.3. Ikatan Angin Pada Rantai Kendaraan

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada ikatan angin rantai kendaraan di tengah bentang (LK 29)

Profil yang digunakan : 2L 150.150.15

$$A = 85,5 \text{ cm}^2$$

$$d = 150 \text{ mm}$$

$$b = 312 \text{ mm}$$

$$t = 15 \text{ mm}$$

$$i_x = 4,617 \text{ cm}$$

$$i_y = 6,734 \text{ cm}$$

$$I_x = 1822,54 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 3877,60 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 24170,373 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 246,564 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 306,956 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 419,175 \text{ cm}^3$$

Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$N_u = 227,913 \text{ kN}$ (Komb. Kuat I)

Panjang Tekuk :

$$L = 1280 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 12,80 = 1280 \text{ cm}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{I_{\min}} = \frac{1280}{4,617} = 277,24 < 300 = \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$\begin{aligned} N_n &= \phi \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 85,5 \times 4100 \\ &= 315495 \text{ kg} = 3154,95 \text{ kN} \\ N_n &> N_u \end{aligned}$$

$$3154,95 \text{ kN} > 227,913 \text{ kN} = \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 85,5 - (2 \times 1,5 \times (2,0 + 0,15)) = 79,05 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 72,675 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{x}{L} = 1 - \frac{8,25}{1280} = 0,993$$

$$A_e = u \times A_n = 0,993 \times 72,675 = 72,17 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 72,17 \\ &= 297701,25 \text{ kg} \rightarrow 2977,01 \text{ kN} \quad N_n > N_u \end{aligned}$$

$$2977,01 \text{ kN} > 227,913 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Sambungan

Data perencanaan:

Baut (A325) = Ø20 mm □ *Proof Stress* = 585 Mpa

Tebal Plat Penyambung = 20 mm

Sambungan Baut

Perhitungan Baut Tipe Gesek (*Friksi*): Jarak antar Baut :

$$3db < s < 15Tp$$

$$60 < 100 < 300 \quad \square \text{ digunakan } s = 100 \text{ mm Jarak}$$

$$\text{antar Baut ke Tepi : } 1,5db < s < 12Tp$$

$$30 < 50 < 240 \quad \square \text{ digunakan } s = 100 \text{ mm Lubang}$$

$$\text{Baut} = db + 1,5 \text{ mm}$$

$$= 20 + 1,5 \text{ mm} = 21,5 \text{ mm}$$

Proof Load :

$$Tb = Ab \cdot 0,75 \cdot \text{Proofstress}$$

$$= 200,96 \times 0,75 \times 585 \text{ MPa}$$

$$= 137767,5 \text{ N} = 137,77 \text{ kN}$$

$$\text{Bidang Geser (m)} = 2$$

$$\text{Koef. Plat Bersih } (\mu) = 0,35$$

$$\text{Lubang Standar } (\phi) = 1$$

Rumus Baut Tipe Gesek:

$$Vh = 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot Tb$$

$$= 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 137,77 \text{ kN}$$

$$= 108,98 \text{ kN}$$

$$Vd = \phi \cdot Vh$$

$$= 1 \cdot 108,98 \text{ kN} = 108,98 \text{ kN}$$

$$n \text{ baut} = \frac{Vu}{Vd} = \frac{227,913 \text{ kN}}{108,98 \text{ kN}} = 2,091 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

$$Vu = 227,913 \text{ kN} < n \cdot Vd = 4 \cdot 108,98 = 435,92 \text{ kN} \quad \text{Kontrol Plat}$$

Penyambung

Digunakan penyambung plat tebal 20 mm yang dipasang pada sayap balok melintang.

$$\text{Luas Geser (Anv)} = (L - n \cdot dl) \cdot tp$$

$$= (30 - 4 \cdot 2,15) \cdot 2$$

$$= 42,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat Rencana } (\phi Pn) = \phi \cdot 0,6 \cdot fu \cdot Anv$$

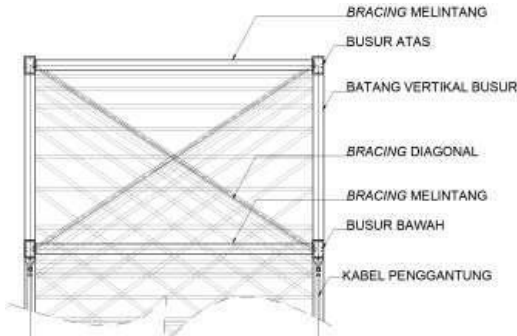
$$= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \cdot 42,8 \cdot 10^2$$

$$= 7989660 \text{ N} = 789,66 \text{ kN}$$

$$V_u = 227,913 \text{ kN} < \phi P_n = 789,66 \text{ kN} \text{ ..Ok}$$

8.2. Pengaku Rangka Busur (*Bracing*)

Pada perencanaan *Bracing* ini, profil yang digunakan WF untuk *bracing* melintang dan Silinder untuk *bracing* silang. Untuk lebih jelasnya seperti Gambar 8.2.



Gambar 8.2 Permodelan Pengaku Rangka Busur

8.2.1. *Bracing* Melintang (WF 500.200.10.16)

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada *bracing* melintang di tengah bentang batang (BM29)

Profil yang digunakan : WF 500.200.10.16

$$A = 110,8 \text{ cm}^2$$

$$d = 500 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$

$$t_w = 10 \text{ mm}$$

$$h = 428 \text{ mm}$$

$$i_x = 20,384 \text{ cm}$$

$$i_y = 4,392 \text{ cm}$$

$$I_x = 46036,55 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2137,23 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 1841,462 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 213,723 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 2096,36 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 331,7 \text{ cm}^3$$

Kontrol Sebagai Batang Tekan

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$N_u = 184,078 \text{ kN}$ (Komb. Kuat III)

Kontrol Penampang :

Plat Sayap: (LRFD 7.6.4 tabel 7.5-1)

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_R = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,4$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2t_f} = 6,25 \\ \lambda_R = 8,4 \end{array} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow Ok$$

Plat Badan:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_R = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

Karena, $h/t_w < \lambda_R \rightarrow$ Plastis

Panjang tekuk:

$$L_{kx} = L_{ky} = 10,00 \text{ m}$$

Kontrol Kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{1000}{20,384} = 49,058$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{1000}{4,392} = 227,687$$

maka, digunakan $\lambda = \lambda_y$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{227,687}{\pi} \sqrt{\frac{410}{200000}} = 3,28$$

Untuk :

$$\lambda_c > 1,2 \rightarrow \omega = 1,25 \times \lambda_c^2 = 12,34$$

- Kekuatan Nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 110,8 \times \frac{4100}{12,34} \\ 36813,62 \text{ kg} = 368,14 \text{ kN}$$

Kekuatan Rencana :

$$\phi N_n = 0,85 \times 368,14 = 312,92 \text{ kN} \\ N_u < \phi N_n \\ 184,078 \text{ kN} < 312,92 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$N_u = 698,31 \text{ kN} \rightarrow (\text{Komb. Kuat I})$$

Panjang Tekuk :

$$L = 10,00 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 10 = 10 \text{ m}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L}{i_{\min}} = \frac{1000}{4,392} = 227,68 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$N_n = \phi \times A_g \times f_y \\ = 0,9 \times 110,8 \times 4100 \\ = 408852 \text{ kg} = 4088,52 \text{ kN} \quad N_n > N_u$$

$$4088,52 \text{ kN} > 698,31 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 110,8 - (2 \times 1,0 \times (2,9 + 0,15)) = 104,7 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 94,18 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{x}{L} = 1 - \frac{12,5}{1000} = 0,987$$

$$A_e = u \times A_n = 0,987 \times 94,18 = 92,956 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 92,956 \\ &= 383443,5 \text{ kg} \rightarrow 3834,435 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi N_n = 3834,435 \text{ kN} > N_u = 698,31 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Sambungan Baut: $P_u = 698,31$

kN Direncanakan :

Baut (A325) = $\varnothing 29 \text{ mm}$

Tebal Plat Penyambung = 20 mm (BJ55)

- Kontrol Kekuatan Geser :

$$\begin{aligned}\phi V_d &= \phi \times r \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,9^2 \right) \times 1\end{aligned}$$

$$20424,47 \text{ kg} = 204,24 \text{ kN}$$

Kontrol Kekuatan Tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_d &= \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,9 \times 2,0 \times 5500 \\ &= 57420 \text{ kg} = 574,20 \text{ kN}\end{aligned}$$

Digunakan $V_d = 204,245 \text{ kN}$

$$\text{Jumlah baut } (n) = \frac{P_u}{V_d} = \frac{698,31}{204,245} = 3,42 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

Jarak Baut :

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

$$1,5 d_b < S_1 < 4 t_p + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka,

$$87 < 90 < 300$$

$$43,5 < 50 < 180$$

Kontrol Sambungan Las:

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$\phi R_{n \text{ Perlu}} = \frac{P_u}{A_1 \times 2 \times (846 \text{ mm})} = \frac{698310}{A_1 \times 2 \times (846 \text{ mm})} = 412,71 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa} = 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_{n \text{ Perlu}}}{\phi R_n} = \frac{412,71}{155,89 a} = 2,65 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 6 \text{ mm}$

8.2.2. *Bracing* Silang

Pada contoh perhitungan ini ditinjau pada ikatan angin busur atas dikarenakan tipe ikatan angin bawah sama.

Profil yang digunakan : Ø 8" dan tebal 8,18 mm

$$A = 54,203 \text{ cm}^2 \quad \quad \quad \text{Ø} = 219,1 \text{ mm}$$

$$t = 8,18 \text{ mm} \quad \quad \quad L = 14,28 \text{ m}$$

$$i_x = 7,463 \text{ cm} \quad \quad \quad i_y = 7,463 \text{ cm}$$

$$I_x = 3018,695 \text{ cm}^4 \quad \quad \quad I_y = 3018,695 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 275,554 \text{ cm}^3 \quad \quad \quad S_y = 275,554 \text{ cm}^3$$

$$Z_x = 364,09 \text{ cm}^3 \quad \quad \quad Z_y = 364,09 \text{ cm}^3$$

□ Kontrol Sebagai Batang Tekan: (SNI 1729:2015 ps. E3)

Dari Output SAP2000, didapatkan:

$$P_u = 166,12 \text{ kN (Komb. Kuat I)}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{K \cdot L_{x=y}}{1} = \frac{1428}{7,463} = 191,344 > 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 104,026$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K \cdot L}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{191,344^2} = 53,914 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e = 0,877 \times 53,914 = 47,28 \text{ MPa}$$

- Kekuatan Nominal :

$$N_n = A_g \times F_{cr} = 5420,3 \times 47,28$$

$$= 256271,78 \text{ N} \rightarrow 256,27 \text{ kN}$$

Kekuatan Rencana :

$$\phi N_n = 0,85 \times 256,27 = 217,83 \text{ kN}$$

$$N_u < \phi N_n$$

$$166,12 \text{ kN} < 217,83 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Sebagai Batang Tarik: (SNI 1729:2015 ps. D3) Dari

Output SAP2000, didapatkan:

$$P_u = 166,12 \text{ kN (Komb. Kuat I)}$$

Panjang Tekuk :

$$L = 1428 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 1428 = 1428 \text{ cm}$$

- Kontrol Kelangsingan :

$$\lambda = \frac{L_{kx}}{i_{x=y}} = \frac{1428}{7,463} = 191,34 < 300 \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Leleh :

$$\begin{aligned} N_n &= \phi \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 54,203 \times 4100 \\ &= 200009,07 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$N_n = 2000 \text{ kN} > N_u = 166,12 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

- Kontrol Kekuatan Patah :

$$A_n = 54,203 - (1 \times 0,818) = 53,385 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 85\% \times A_g = 46,07 \text{ cm}^2$$

$$L > 1,3 D \rightarrow u = 1$$

$$A_e = u \times A_n = 1 \times 54,203 = 54,203 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 54,203 \\ &= 223587,375 \text{ kg} \rightarrow 2235,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$N_n = 2235,87 \text{ kN} > N_u = 166,12 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Sambungan Baut:

$$P_u = 165,778 \text{ kN}$$

Direncanakan :

$$\text{Baut (A325)} = \varnothing 16 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Plat Penyambung} = 20 \text{ mm (BJ55)}$$

- Kontrol Kekuatan Geser :

$$\begin{aligned} \phi V_d &= \phi \times r_l \times f_u^b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 1,6^2 \right) \times 1 \\ &= 6217,2 \text{ kg} = 62,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Tumpu :

$$\begin{aligned}\phi R_d &= \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 2,0 \times 5500 \\ &= 31680 \text{ kg} = 316,8 \text{ kN}\end{aligned}$$

Digunakan $V_d = 62,17 \text{ kN}$

$$\text{Jumlah baut } (n) = \frac{P_u}{V_d} = \frac{166,12}{62,17} = 2,67 \rightarrow 4 \text{ baut}$$

Jarak Baut :

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

$$1,5 d_b < S_1 < 4 t_p + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka,

$$48 < 80 < 300$$

$$24 < 50 < 180$$

Kontrol Sambungan Las:

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 20 - 1,6 = 18,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

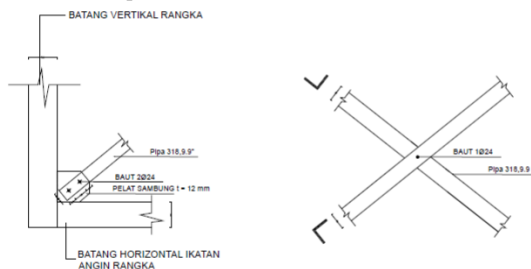
$$\phi R_n \text{ Perlu} = \frac{P_u}{A} = \frac{166120}{1 \times \pi 219,1} = 241,46 \text{ N/mm Kuat}$$

rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\begin{aligned}\phi R_{nw} &= \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_{uw}) \rightarrow \text{mutu las } f_{uw} = 490 \text{ Mpa} \\ &= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a\end{aligned}$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi R_n \text{ Perlu}}{\phi R_n} = \frac{241,46}{155,89 a} = 1,55 \text{ mm} < 6 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 6 \text{ mm}$



Gambar 8 35 Permodelan Sambungan Bracing Silang

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

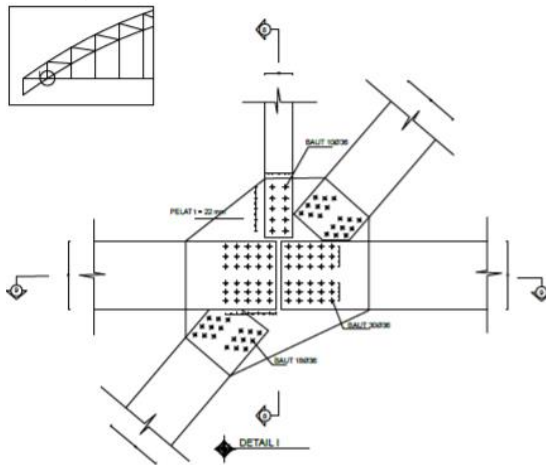
BAB IX

SAMBUNGAN RANGKA UTAMA

Pada bab ini, yang disebut sambungan rangka utama adalah rangka busur pada sisi tengah bentang dan rangka biasa pada sisi samping. Pada titik simpul yang memiliki pertemuan batang yang banyak digunakan sambungan tipe A dikarenakan untuk memudahkan pekerjaan dilapangan. Sedangkan pada titik simpul yang memiliki pertemuan batang yang sedikit digunakan sambungan tipe B.

9.1. Sambungan Tipe A

Pada analisa perhitungan ini diambil contoh pada titik simpul dimana menghubungkan busur bawah dengan batang tarik (Tie Beam).



Gambar 9 5Sambungan Tipe A

Pada perhitungan ini hanya diambil pada batang busur bawah dengan profil BOX 700.700.50.50. Untuk mencari gaya yang bekerja pada profil BOX 700.700.50.50 sebagai berikut:

Output dari SAP 2000 adalah :

$$N_{ux} = 30015,129 \text{ kN}$$

$$M_{uy} = 3945,32 \text{ kNm} ; M_{uz} = 6855,452 \text{ kNm}$$

$$V_{uy} = 1147,664 \text{ kN} ; V_{uz} = 676,206 \text{ kN}$$

$$Tu = 574,71 \text{ kNm}$$

$$\text{Rasio Badan } (\beta) = \frac{H}{B+H} = \frac{1,6}{0,75+1,6} = 0,68$$

$$\text{Rasio Sayap } (\alpha) = \frac{B}{B+H} = \frac{0,75}{0,75+1,6} = 0,32$$

Dari gaya-gaya yang bekerja pada profil BOX 700.700.50.50 tersebut diubah ke gaya gesek, maka perhitungannya sebagai berikut:

- Sumbu X:

$$Nu = Nu = 30015,129 = 30015,129 \text{ kN}$$

$$Nu_{\text{Sayap}} = \frac{Mu_y}{H} = \frac{3945,32 \text{ kNm}}{1,6 \text{ m}} = 2465,83 \text{ kN}$$

$$Nu_{\text{Badan}} = \frac{Mu_z}{B} = \frac{6855,452 \text{ kNm}}{0,75 \text{ m}} = 9140,603 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } X_{\text{Badan}} &= Nu \cdot \beta + Nu_{\text{Badan}} \\ &= (30015,129 \cdot 0,68) + 9140,603 \text{ kN} \\ &= 29550,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } X_{\text{Sayap}} &= Nu \cdot \alpha + Nu_{\text{Sayap}} \\ &= (30015,129 \cdot 0,32) + 2465,83 \text{ kN} \\ &= 12070,67 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Sumbu Y:

$$Vu_y = 1147,664 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \frac{Tu}{H} \cdot \alpha &= \frac{574,71 \text{ kNm}}{1,6 \text{ m}} \cdot 0,32 = 114,942 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } Y &= 1147,664 \text{ kN} + 114,942 \text{ kN} \\ &= 1262,606 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sumbu Z:

$$Vu_z = 676,206 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \frac{Tu}{B} \cdot \beta &= \frac{574,71 \text{ kNm}}{0,75 \text{ m}} \cdot 0,68 = 521,723 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Gaya Arah Z} = 676,206 \text{ kN} + 521,723 \text{ kN}$$

$$1197,929 \text{ kN}$$

Resultan Gaya yang Bekerja: Gaya pada Sayap :

$$\bullet \quad \sqrt{V_{u \text{ Sayap}} = (X_{\text{Sayap}})^2 + Y^2}$$

$$= \sqrt{(12070,67)^2 + 1262,606^2} = 12136,52 \text{ kN}$$

Gaya pada Badan :

$$V_{u \text{ Badan}} = (X_{\text{Badan}})^2 + Z^2$$

$$\sqrt{29550,89^2 + 1197,929^2} = 29575,16 \text{ kN}$$

Data Perencanaan Baut:

Baut (A325) = Ø32 mm □ $f_y = 585 \text{ Mpa}$; $f_u = 825 \text{ MPa}$

Tebal Plat Penyambung = 35 mm (BJ55)

Mutu Las = EXX70 Bidang Geser (m) = 2 Koef. Plat

Bersih (μ) = 0,35 Lubang Standar (ϕ) = 1

Perhitungan Baut Tipe Gesek (*Friksi*): Jarak antar Baut :

$$3db < s < 15Tp$$

$$96 < 150 < 525 \quad \square \text{ digunakan } s = 150 \text{ mm Jarak antar Baut}$$

$$\text{ke Tepi : } 1,5db < s < 12Tp$$

$$48 < 100 < 420 \quad \square \text{ digunakan } s = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Lubang Baut} = db + 1,5 \text{ mm} = 32 + 1,5 \text{ mm} = 33,5 \text{ mm}$$

Proof Load :

$$T_b = A_b \cdot 0,75 \cdot \text{Proofstress}$$

$$= 804,25 \times 0,75 \times 585 \text{ MPa}$$

$$= 352863,69 \text{ N} \quad \square \quad 352,86 \text{ kN}$$

$$V_h = 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$= 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 352,86 \text{ kN}$$

$$= 279,115 \text{ kN}$$

$$V_d = \phi \cdot V_h$$

$$= 1 \cdot 279,115 \text{ kN} = 279,115 \text{ kN}$$

Pada analisa contoh perhitungan ini ditinjau gaya yang terbesar pada titik simpul SB 13 yaitu batang busur bawah.

Berikut contoh perhitungannya:

$$n \text{ baut Sayap} = \frac{V_{u \text{ Sayap}}}{V_n} = \frac{12136,51 \text{ kN}}{279,115 \text{ kN}} = 43,48 \rightarrow 48 \text{ baut}$$

$$V_{n \text{ Sayap}} = 48 \times 279,115 = 13397,52 \text{ kN} > V_{u \text{ Sayap}} = 12136,51 \text{ kN}$$

$$n \text{ baut Badan} = \frac{V_{u \text{ Badan}}}{V_n} = \frac{29575,16 \text{ kN}}{279,115 \text{ kN}} = 105,96 \rightarrow 108 \text{ baut}$$

$$V_{n \text{ Badan}} = 108 \times 279,115 = 30144,42 \text{ kN} > V_{u \text{ Badan}} = 29575,16 \text{ kN}$$

Jadi, jumlah baut per sisi penampang adalah

$$n \text{ per sisi Sayap} = 48/2 = 24 \text{ Baut}$$

$$n \text{ per sisi Badan} = 108/2 = 54 \text{ Baut}$$

Kontrol Plat Penyambung:

Digunakan penyambung plat tebal 35 mm yang digapit pada profil. Pada perhitungan ini digunakan gaya yang terbesar pada titik simpul SB13, sehingga:

Plat Sayap

$$\begin{aligned} - \text{Luas Geser (Anv)} &= (L - n \text{ dl}) \text{ tapi} \\ &= (1200 - 24 \cdot 33,5) \cdot 35 \\ &= 13860 \text{ mm}^2 \\ - \text{Kuat Rencana } (\phi P_n) &= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot Anv \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 550 \cdot 13860 \\ &= 3430350 \text{ N} = 3430,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena digapit 2 plat per sisi flens dan memiliki 2 flens, maka: $4 \times \phi P_n = 13721,4 \text{ kN} > V_{u \text{ Sayap}} = 12136,51 \text{ kN}$

• Plat Badan

$$\begin{aligned} - \text{Luas Geser (Anv)} &= (L - n \text{ dl}) \cdot t_p \\ &= (2700 - 54 \cdot 33,5) \cdot 35 \\ &= 31185 \text{ mm}^2 \\ - \text{Kuat Rencana } (\phi P_n) &= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot Anv \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 550 \cdot 31185 \\ &= 7718287 \text{ N} = 7718,30 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena digapit 2 plat per sisi web dan memiliki 2 flens, maka: $4 \times \phi P_n = 30873,15 \text{ kN} > V_{u \text{ Badan}} = 29575,16 \text{ kN}$

Kontrol Sambungan Las:

Pada perhitungan ini hanya diambil pada batang busur bawah dengan profil BOX 700.700.50.50 yang memiliki V_u total = $12136,51 + 29575,16 = 41711,67$ kN

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maks.} = t_p - 1,6 = 38 - 1,6 = 36,4 \text{ mm}$$

$$\text{Min.} = 6 \text{ mm}$$

$$fRn_{\text{Perlu}} = \frac{V_u}{A} = \frac{(41711,67) \times 1000}{1 \times 2 \times (5500 \text{ mm})} = 3791,97 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 1 mm per mm panjang

$$\phi Rn_w = \phi \cdot t_e (0,60 \cdot f_u w) \rightarrow \text{mutu las } f_u w = 490 \text{ Mpa}$$

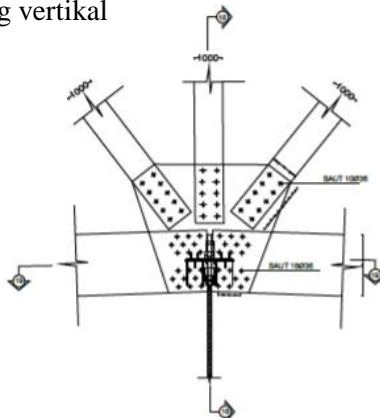
$$= 0,75 \cdot 0,707 a \times 0,6 \times 490 = 155,89 a$$

$$a_{\text{Perlu}} = \frac{\phi Rn_{\text{Perlu}}}{\phi Rn} = \frac{3791,97}{155,89 a} = 24,32 \text{ mm} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

digunakan $a_{\text{perlu}} = 25 \text{ mm}$

9.2. Sambungan Tipe B

Untuk tipe B dipasang pada semua titik simpul terkecuali pada tipe A. Pada analisa perhitungan ini diambil contoh pada titik simpul (SB29) dimana menghubungkan busur bawah dengan batang diagonal dan batang vertikal



Gambar 9 6Tampak Samping Sambungan

Pada perhitungan ini hanya diambil pada batang busur bawah dengan profil BOX 750.700.50.50 Untuk mencari gaya yang bekerja pada profil BOX 750.700.50.50 sebagai berikut:

Output dari SAP 2000 adalah :

$$N_{ux} = 6707,24 \text{ kN}$$

$$M_{uy} = 50,85 \text{ kNm} ; M_{uz} = 52,31 \text{ kNm}$$

$$V_{uy} = 14,273 \text{ kN} ; V_{uz} = 26,58 \text{ kN}$$

$$T_u = 14,80 \text{ kNm}$$

$$\text{Rasio Badan } (\beta) = \frac{H}{B+H} = \frac{0,6}{0,75+0,6} = 0,44$$

$$\text{Rasio Sayap } (\alpha) = \frac{B}{B+H} = \frac{0,75}{0,75+0,6} = 0,56$$

Dari gaya-gaya yang bekerja pada profil tersebut diubah ke gaya gesek, maka perhitungannya sebagai berikut:

- Sumbu X:

$$N_{ux} = 6707,24 \text{ kN}$$

$$N_{u_{\text{Sayap}}} = \frac{M_{uy}}{H} = \frac{50,85 \text{ kNm}}{0,6 \text{ m}} = 84,750 \text{ kN}$$

$$N_{u_{\text{Badan}}} = \frac{M_{uz}}{B} = \frac{52,31 \text{ kNm}}{0,75 \text{ m}} = 69,747 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } X_{\text{Sayap}} &= N_u \cdot \alpha + N_{u_{\text{Sayap}}} \\ &= (6707,24 \cdot 0,56) + 84,750 = 3840,80 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } X_{\text{Badan}} &= N_u \cdot \beta + N_{u_{\text{Badan}}} \\ &= (6707,24 \cdot 0,44) + 69,747 = 3020,933 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Sumbu Y:

$$V_{uy} = 14,273 \text{ kN}$$

$$\frac{T_u}{H} \alpha = \frac{14,80 \text{ kNm}}{0,6 \text{ m}} \cdot 0,56 = 13,704 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya } Y &= 14,273 \text{ kN} + 13,704 \text{ kN} \\ &= 27,977 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Sumbu Z:

$$Vu_z = 26,58 \text{ kN}$$

$$\frac{Tu}{B} \cdot \beta = \frac{14,80 \text{ kNm}}{0,75 \text{ m}} \cdot 0,44 = 8,770 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya Arah Z} = 26,58 \text{ kN} + 8,770 \text{ kN} \\ 35,350 \text{ kN}$$

Resultan Gaya yang Bekerja: Gaya pada Sayap :

$$Vu_{\text{Sayap}} = \sqrt{(X_{\text{Sayap}})^2 + Y^2} \\ = \sqrt{(3840,80)^2 + 27,977^2} = 3840,90 \text{ kN}$$

Gaya pada Badan :

$$Vu_{\text{Badan}} = \sqrt{(X_{\text{Badan}})^2 + Z^2} \\ = \sqrt{3020,933^2 + 35,350^2} = 3021,139 \text{ kN}$$

Data perencanaan:

Baut (A325) = Ø32 mm → $f_y = 585 \text{ Mpa}$; $f_u = 825 \text{ MPa}$ Tebal
Plat Penyambung = 35 mm (BJ55)

Bidang Geser (m) = 1 Koef. Plat Bersih (μ) = 0,35 Lubang Standar
(ϕ) = 1

Perhitungan Baut Tipe Gesek (*Friksi*): Jarak antar Baut : $3db < s$
 $< 15Tp$

$96 < 150 < 525$ □ digunakan $s = 150 \text{ mm}$ Jarak antar Baut ke Tepi :
 $1,5db < s < 12Tp$
 $48 < 100 < 420$ □ digunakan $s = 100 \text{ mm}$ Lubang Baut = $db + 1,5$
mm

$32 + 1,5 \text{ mm} = 33,5 \text{ mm}$ Proof Load :

$$Tb = Ab \cdot 0,75 \cdot \text{Proofstress} \\ = 804,25 \times 0,75 \times 585 \text{ MPa} \\ = 352863,69 \text{ N} \quad \square \quad 352,86 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_h &= 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\
 &= 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 352,86 \text{ kN} \\
 &= 139,56 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$V_d = \phi \cdot V_h = 1 \cdot 139,56 \text{ kN} = 139,56 \text{ kN}$$

Kontrol Plat Penyambung:

Digunakan penyambung plat tebal 30 mm yang digapit pada profil. Pada perhitungan ini digunakan gaya yang terbesar pada titik simpul SB 29, sehingga:

• Plat Sayap

$$\begin{aligned}
 - \text{ Luas Geser (Anv)} &= (L - n \cdot d_l) \cdot t_p \\
 &= (800 - 14 \cdot 33,5) \cdot 30 \\
 &= 9930 \text{ mm}^2 \\
 - \text{ Kuat Rencana } (\phi P_n) &= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot Anv \\
 &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 550 \cdot 9930 \\
 &= 2457675 \text{ N} = 2457,675 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

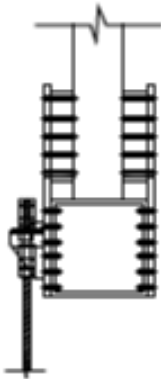
Karena digapit 2 plat per sisi flens, maka: $2 \times \phi P_n = 4915,35 \text{ kN} > V_u \text{ Sayap} = 3840,90 \text{ kN}$

• Plat Badan

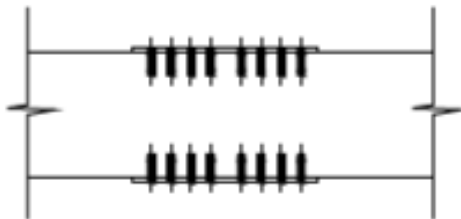
$$\begin{aligned}
 - \text{ Luas Geser (Anv)} &= (L - n \cdot d_l) \cdot t_p \\
 &= (650 - 12 \cdot 33,5) \cdot 30 \\
 &= 7440 \text{ mm}^2 \\
 - \text{ Kuat Rencana } (\phi P_n) &= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot Anv \\
 &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 550 \cdot 7440 \\
 &= 1841400 \text{ N} = 1841,4 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena digapit 2 plat per sisi web, maka: $2x\phi P_n = 3682,80 \text{ kN} >$
 $V_{u \text{ Badan}} = 3021,139 \text{ kN}$

Pada Gambar 9.9 merupakan bentuk penempatan baut dan plat penyambung pada batang busur bawah dengan ukuran profil BOX 750.700.50.50



Gambar 9 12 Sambungan Penampang



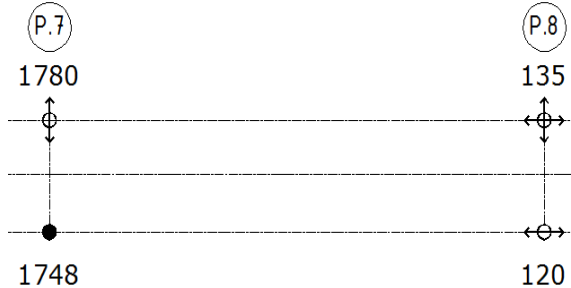
Gambar 9 23 Sambungan Penampang

“Halaman Sengaja dikosongkan”

BAB X PERLETAKAN

10.1 Perencanaan Perletakan

Perencanaan perletakan pada jembatan ini seperti pada Gambar 10.1



Gambar 10 1 Model Perletakan

Perletakan menggunakan tipe Pot Bearing yang terdapat 3 jenis model Pot Bearing, yaitu: Fixed (TF), Guided (TGe), Free (Tga). Dipilih tipe Pot Bearing, yaitu struktur yang terdiri dari piston baja menumpu pada cakram elastomer yang “terkurung” dalam pot/ silinder baja.

Alasan bearing tipe ini dipilih adalah :

Daya tahan yang tinggi terhadap gaya horizontal yang besar dan mampu mendistribusikannya dengan aman.

Daya tahan yang tinggi terhadap beban dinamis dan siklus “fatigue” Mengakomodasi rotasi

Tersedia kapasitas bervariasi dari 50 ton s/d 10000 ton

Hasil Analisa

Gaya yang bekerja dari permodelan struktur adalah sebagai berikut:

Properti Material:

- Elastomeric Disc :

Natural Rubber

Shear Modulus (G) = 0,8 Mpa

- Baja

Rolled Steel S275 JR $\sigma_{fy} = 275 \text{ MPa}$

Menentukan Dimensi Elastomeric Disc:

Cek Tegangan (σ)

$$\sigma_{\text{Max}} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Diameter (Dp)} = 1330 \text{ mm}$$

$$P_{\text{Max}} = 34557,19 \text{ kN}$$

$$= \frac{1}{4} \pi D_p^2$$

$$= 1388586,5 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_R = \frac{P}{A} = \frac{34557,19 \times 1000}{1388586,5}$$

$$= 24,886 \text{ MPa} = 248,86 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{\text{Max}} = \text{OK}$$

Menghitung tebal Elastomer disc (hr)

$$h_r = 3,33 \times D_p \times \theta_u$$

$$\theta_u = 0,00289 \text{ rad}$$

$$h_r = 3,33 \times D_p \times \theta_u$$

$$= 3,33 \times 1330 \times 0,00289 = 12,79 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

- Menghitung Shape Factor S untuk Elastomer Berbentuk

Silinder (S)

$$S = \frac{0,5 \times D_p}{2 h_r} = \frac{0,5 \times 1330}{3,325 \times 200}$$

- Menentukan Dimensi Pot Baja:
- Menghitung tebal lower plate (tb), untuk bearing yang kontak langsung dengan permukaan beton:

Syarat $t_b > 0,06 D_p$ atau $t_b > 0,75$

inci Cek:

$$0,06 D_p = 79,8 \text{ mm} = \text{digunakan } 80 \text{ mm}$$

$$0,75 \text{ inci} = 19,05 \text{ mm}$$

Menghitung tebal wall plate (t_w), dengan memperhitungkan beban horizontal □ diambil Shear X (H) = 81,5 kN:

$$t_w = \sqrt{\frac{25 \times H \times \theta_u}{f_y}} = \sqrt{\frac{25 \times 4187,53 \times 1000 \times 0,00289}{275}}$$

$$= 33,168 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } 50 \text{ mm}$$

Menghitung (h_w):

Syarat:

$$h_w \geq \frac{1,5 H}{D_p \times f_y} \text{ atau } h_w \geq 0,125 \text{ inci atau } h_w = 0,03 D_p$$

$$h_w \geq \frac{1,5 \times 4187,53 \times 1000}{1330 \times 275} = 17,174 \text{ mm atau}$$

$$h_w \geq 0,125 \text{ inci} = 3,175 \text{ mm}$$

$$h_w = 0,03 D_p = 0,03 \times 1330 = 39,9 \text{ mm} \rightarrow \text{digunakan } 40 \text{ mm}$$

Menghitung *Clearance* antara *Upper Plate* dengan Pot
(h_{p2}) $h_{p2} = R_0 \times \theta_u + 2 \times \delta u + 0,125 \text{ inci}$

R_0 = radius dihitung dari as pot ke obyek yang dihitung, misal wall plate atau angkur (dalam kasus ini ditentukan jarak terhadap wall) = $1330/2 = 665 \text{ mm}$

δu = defleksi vertikal akibat kombinasi beban

$$= (P_{\max} \times h_r) / EA \quad E = 6GS^2$$

$$= 6 \times 0,8 \times (3,325)^2 = 53,067 \text{ mm} = 60 \text{ mm} \quad A = \text{luas area}$$

elastomer disc

$$\delta u = \frac{P \times h_r}{EA} = \frac{34557,19 \times 100}{60 \times 1388586,5}$$

$$= 0,0415 \text{ mm}$$

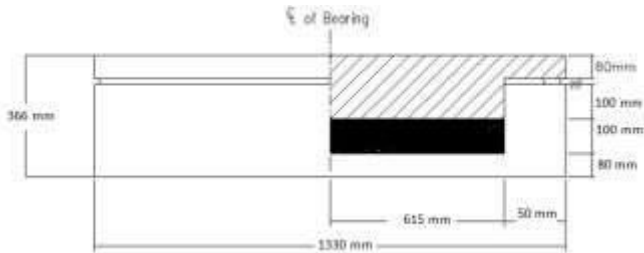
$hp2 = 665 \times 0,00289 + 2 \times 0,0415 + 3,175 = 5,18 \text{ mm} \square 6 \text{ mm}$ Tebal upper plate diasumsikan sama dengan lower plat (tb) = 80 mm.

Clearance antara piston dengan wall

$$c = \theta_u \{ hw - [(D_p \times \theta_u) / 2] \}$$

$$= 0,00289 \{ 40 - [(1330 \times 0,00289) / 2] \} = 0,11 \text{ mm}$$

Sketsa *Pot Bearing* tipe fix sesuai dengan perhitungan diatas.



Gambar 10 2 Pot Bearing Tipe Fixed

Untuk mengakomodasi pergerakan/ translasi ke semua arah, digunakan pot bearing tipe free / multi directional. Karena pergerakan tidak ditahan sehingga untuk menentukan tebal wall digunakan rumus;

$$T_w = (D_p \times \sigma_s) / (1.25 f_y)$$

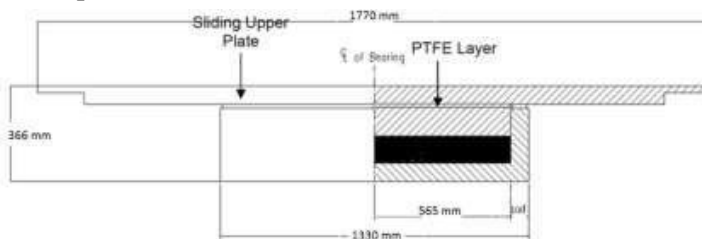
$$A_{pot} = 1388586,5 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_s = P / A_{pot}$$

$$= 24,886 \text{ MPa}$$

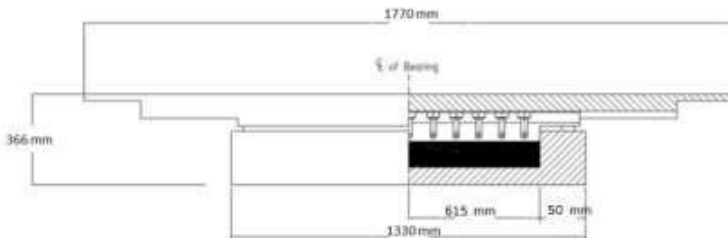
$$t_w = 96,29 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

Menghitung dimensi sliding upper plate displacement max di pier; D_x D_x B_x



Gambar 10 3 Pot Bearing Tipe Free

Untuk mengakomodasi pergerakan ke 1 arah digunakan pot bearing tipe guided/ uni directional. Karena pergerakan ke arah yang lain ditahan, sehingga tebal wall sama dengan tipe FIX.



Gambar 10.4 Bearing Tipe Guided

Dari perhitungan tersebut jika digunakan pada katalog *Mageba Bearing Products* didapatkan tipe *Bearing*, yaitu:

Fixed (TF) □ TF – 14

Guided (TGe) □ TGe – 14

Free (TGa) □ TGa – 14

Perhitungan Pengangkur Perletakan

Mutu Baja = BJ 55 ($f_y = 410 \text{ Mpa}$; $f_u = 550 \text{ Mpa}$)

Mutu Beton = K – 500 = $416,5 \text{ kg/cm}^2$

Mutu Baut A490 □ $\varnothing 64 \text{ mm}$ ($f_y = 825 \text{ MPa}$; $f_u = 1035 \text{ MPa}$)

$V = 34557,19 \text{ kN}$

$H = 4187,53 \text{ kN}$

Luas Alas Bantalan Perletakan:

$$F = \frac{V}{\text{Beton}}$$

$$34557,19 \times 100 = 8297,044 \text{ cm}^2 \text{ } 416,5$$

Direncanakan $L = 100 \text{ cm}$, maka:

$$b = \frac{F}{L}$$

$$= \frac{8297,044}{100} = 82,97 \text{ cm} \rightarrow 170 \text{ cm}$$

Tebal Bantalan Perletakan :

$$\begin{aligned}
 S1 &= 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times f_y}} \\
 &= 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times 34557,19 \times 100}{170 \times 4100}} = 1,93 \text{ cm} = 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Baut Angkur:

- Kekuatan Geser Baut

$$\begin{aligned}
 \phi V_d &= \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \\
 &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 1035 \cdot 3215,36 \cdot 1 \\
 &= 1247961,6 \text{ N} = 1247,96 \text{ kN (menentukan)}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan Tumpu Baut

$$\begin{aligned}
 \phi R_d &= \phi_f \cdot 2,4 d_b \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 64 \cdot 50 \cdot 1035 \\
 &= 5961600 \text{ N} = 5961,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jumlah Baut

$$\begin{aligned}
 n &= V / \phi V_d \\
 &= 34557,19 / 1247,96 = 27,69 \approx 30 \text{ baut}
 \end{aligned}$$

Jarak Baut :

$$3 d_b < S < 15 t_p$$

$$1,5 d_b < S1 < 4 t_p + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm Maka,}$$

$$192 < 300 < 750$$

$$96 < 200 < 300$$

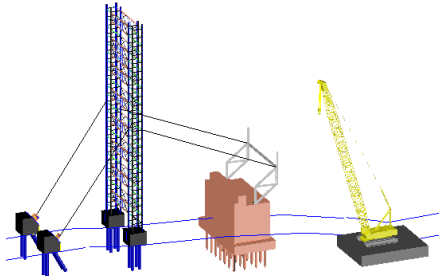
BAB XI STAGING ANALYSIS

11.1 Tahapan Staging Analysis

Staging Analysis pada perencanaan ini dilakukan dengan program SAP 2000. Analisa ini menggunakan salah satu fitur *non linier staged construction*, yaitu dimana jembatan dirancang bertahap dari mulai pendirian kolom portal akhir hingga erection untuk busur rangka puncak.

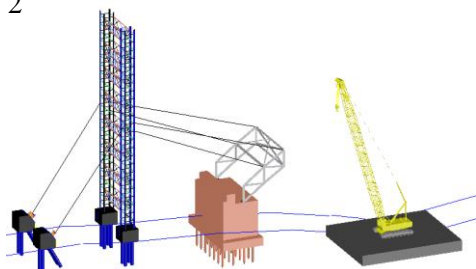
Untuk metode pelaksanaan jembatan busur rangka ini menggunakan metode kantilever sebagian dengan bantuan tarikan kabel untuk menahan lendutan akibat berat sendiri yang ditopang oleh *temporary tower*. Sedangkan untuk pemasangan profil menggunakan crane ponton selama proses *erection* berlangsung. Untuk lebih jelasnya akan diberikan ilustrasi urutan tahapan pelaksanaan jembatan. Tahapan pengerjaannya sebagai berikut:

- *Stage 1*



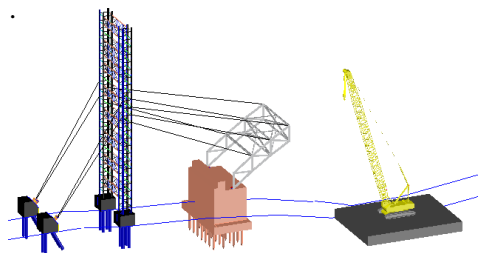
Gambar 11 Ilustrasi Stage 1

Stage 2



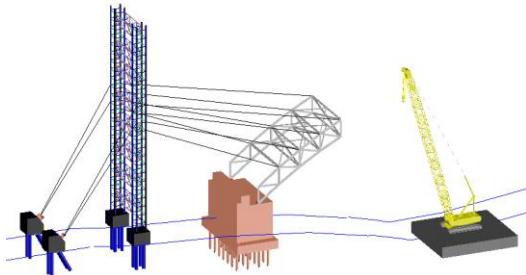
Gambar 11 15Ilustrasi Stage 2

- Stage 3



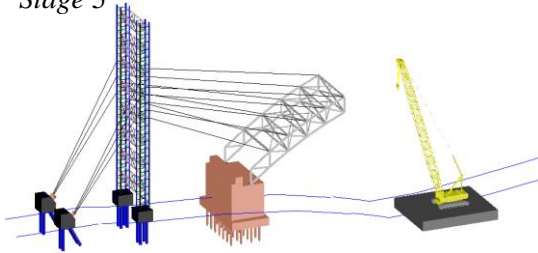
Gambar 11 29 Ilustrasi Stage 3

- Stage 4



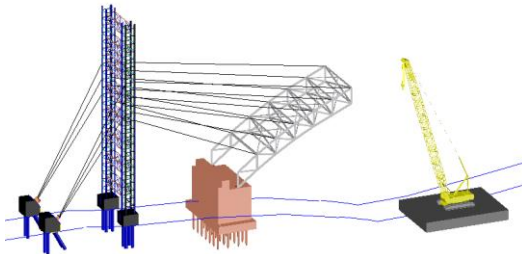
Gambar 11 43 Ilustrasi Stage 4

- *Stage 5*



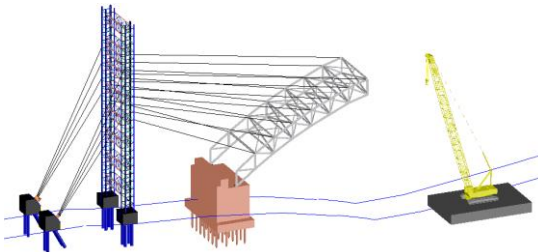
Gambar 11 57 Ilustrasi Stage 5

- *Stage 6*



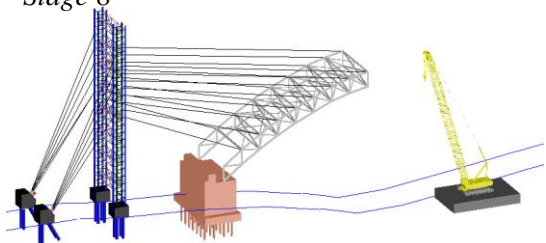
Gambar 11 71 Ilustrasi Stage 6

- *Stage 7*



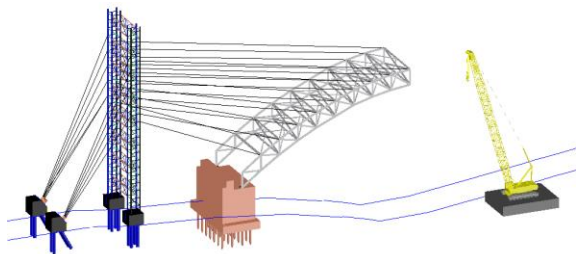
Gambar 11 85 Ilustrasi Stage 7

- *Stage 8*



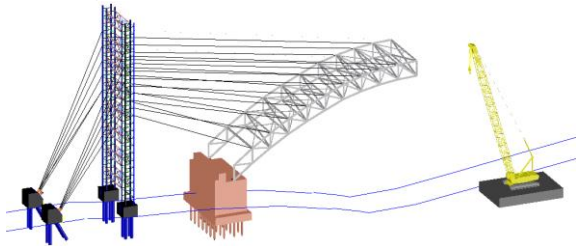
Gambar 11 99 Ilustrasi Stage 8

- *Stage 9*



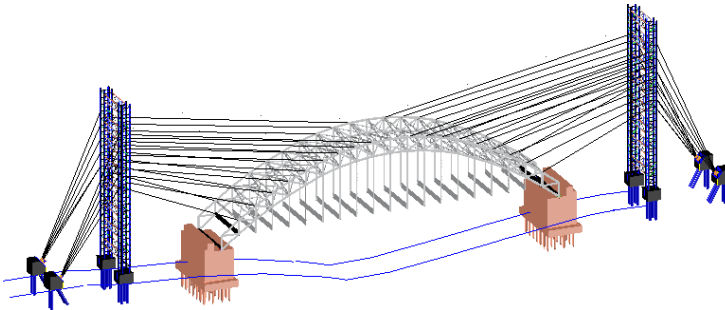
Gambar 11 113 Ilustrasi Stage 9

- *Stage 10*



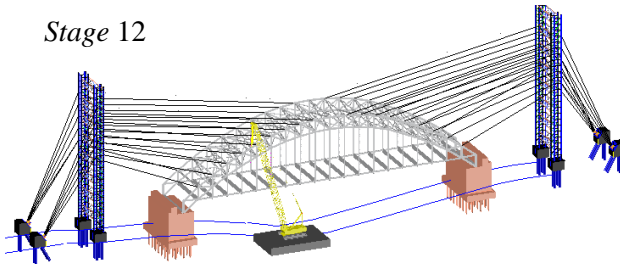
Gambar 11 127 Ilustrasi Stage 10

- *Stage 11*



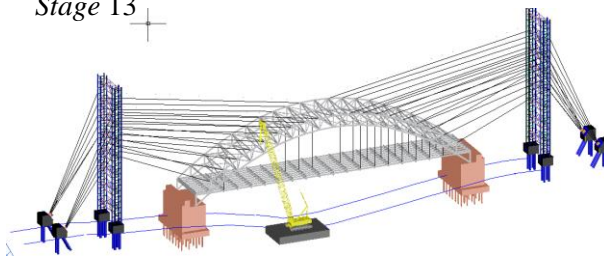
Gambar 11 141 Ilustrasi Stage 11

- *Stage 12*



Gambar 11 155 Ilustrasi Stage 12

- *Stage 13*



Gambar 11 168 Ilustrasi Stage 13

Data Pembebanan *Staging*

Pembebanan yang bekerja pada saat *Staging* adalah:

- Beban Sendiri Rangka Jembatan
- Beban *Crane Traveller Movement*
- Beban Material

Perhitungan Metode pelaksanaan

Berat Total Jembatan = 1230475,57 Kg

Jembatan Di laksanakan dari kedua Sisi Dan Menggunakan Metode kantilever sebagian dengan Struktur di tahan oleh kabel yang di kaitkan dengan Temporary Tower

Berat Setengah jembatan = 615237,79 Kg

Jembatan mempunyai bentang = 160 m

Jembatan dibagi setiap segmen sepanjang = 20 m

Berat Segmen = 76905 kg

Berat 1/2 Segmen = 38452 kg

KABEL PENARIK JEMBATAN

ASTM B-416 - 7 No 5 Awg.

f_u = 1864 Mpa

f ijin = 1304,8 MPa

E = 195000 MPa

Dimensi Kabel

n = 1 Buah

D = 13.3 mm

A_s = 138,929 mm²

P_n = $\phi \cdot F_u \cdot A$

= 194222,8554 N

= 194,2228554 KN

Tabel 11 1 GAYA KABEL PENARIK JEMBATAN

Frame	Pu	Asc Gaya	n. kabel	Asc Actual	Pn	Status
	(kN)	(mm2)	(strand)	(mm2)	(kN)	
Berat 1 Segmen	769,0472313	589,399	5	694,645	906,3733	OK
Berat 2 Segmen	1538,094463	1178,797	9	1250,362	1631,472	OK
Berat 3 Segmen	2307,141694	1768,196	13	1806,078	2356,571	OK
Berat 4 Segmen	3076,188925	2357,594	17	2361,794	3081,669	OK
Berat 5 Segmen	3845,236156	2946,993	22	3056,440	3988,043	OK
Berat 6 Segmen	4614,283388	3536,391	26	3612,156	4713,141	OK
Berat 7 Segmen	5383,330619	4125,790	30	4167,872	5438,24	OK
Berat 8 Segmen	6152,37785	4715,188	34	4723,589	6163,339	OK

KABEL PENAHAN TEMPORARY TOWER

ASTM B-416 - 19 No 6 Awg.

$f_u = 1864 \text{ Mpa}$

$f_{ijin} = 1304,8 \text{ MPa}$

$E = 195000 \text{ MPa}$

Dimensi Kabel

$n = 1 \text{ Buah}$

$D = 34,9 \text{ mm}$

$A_s = 956,623 \text{ mm}^2$

$P_n = \phi \cdot F_u \cdot A$

$= 1337358,698 \text{ N}$

$= 1337,358698 \text{ kN}$

Tabel 11 2 GAYA KABEL PENAHAN TEMPORARY TOWER

Gaya	Pu	Asc	n. kabel	Asc Actual	Pn	Status
	(kN)	(mm2)	(strand)	(mm2)	(kN)	
Gaya Kabel 1	2392,850203	1833,883	2	1913,246	2496,403	OK
Gaya Kabel 2	2214,173942	1696,945	2	1913,246	2496,403	OK
Gaya Kabel 3	2103,078796	1611,802	2	1913,246	2496,403	OK
Gaya Kabel 4	1979,157763	1516,828	2	1913,246	2496,403	OK

Tabel 11 3 Deformasi per stage

Stage	Lendutan (mm)
1	0,24
2	0,083
3	1,58
4	1,439
5	1,343
6	0,07
7	0,346
8	0,946
9	0,857
10	0,721
11	0,609
12	0,521
13	0,409
14	0,276
15	0,191
16	0,086

Kabel Penahan Segmen

Pu Kabel 1

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ Q &- Pu \sin 30 = 0 \\ 76,905 &- Pu \cdot 0,500 = 0 \\ 76,905 &= 0,5 \quad Pu \\ Pu &= 153,80945 \quad T \end{aligned}$$

Pu Kabel 2

$$\begin{aligned}
 \sum V &= 0 \\
 Q &- \text{Pu Sin } 23 = 0 \\
 76,905 &- \text{Pu} \quad 0,391 = 0 \\
 76,905 &= 0,3907311 \text{ Pu} \\
 \text{Pu} &= 196,82262 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu Kabel 3

$$\begin{aligned}
 \sum V &= 0 \\
 Q &- \text{Pu Sin } 19 = 0 \\
 76,905 &- \text{Pu} \quad 0,326 = 0 \\
 76,905 &= 0,325568 \text{ Pu} \\
 \text{Pu} &= 236,217 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu Kabel 4

$$\begin{aligned}
 \sum V &= 0 \\
 Q &- \text{Pu Sin } 16 = 0 \\
 76,905 &- \text{Pu} \quad 0,276 = 0 \\
 76,905 &= 0,275637 \text{ Pu} \\
 \text{Pu} &= 279,0069 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu Kabel 5

$$\begin{aligned}
 \sum V &= 0 \\
 Q &- \text{Pu Sin } 14 = 0 \\
 76,905 &- \text{Pu} \quad 0,242 = 0 \\
 76,905 &= 0,241922 \text{ Pu} \\
 \text{Pu} &= 317,8907 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu Kabel 6

$$\begin{aligned}
 \sum V &= 0 \\
 Q &- \text{Pu Sin } 13 = 0 \\
 76,905 &- \text{Pu} \quad 0,225 = 0 \\
 76,905 &= 0,224951 \text{ Pu} \\
 \text{Pu} &= 341,8731 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu Kabel 7

$$\sum V = 0$$

$$\begin{aligned} Q & - P_u \sin 12 = 0 \\ 76,905 - P_u \cdot 0,208 & = 0 \\ 76,905 & = 0,207912 P_u \\ P_u & = 369,8913 \text{ T} \end{aligned}$$

Pu Kabel 8

$$\sum V = 0$$

$$\begin{aligned} Q & - P_u \sin 12 = 0 \\ 76,905 - P_u \cdot 0,208 & = 0 \\ 76,905 & = 0,207912 P_u \\ P_u & = 369,8913 \text{ T} \end{aligned}$$

Temporary Tower

Vu dari kabel 1

$$\begin{aligned} &= P_u \cos \alpha \\ &= 153,809 \cos 60 \\ &= 153,809 \cdot 0,5 \\ &= 76,9047 \text{ T} \end{aligned}$$

Vu dari kabel 2

$$\begin{aligned} &= P_u \cos \alpha \\ &= 196,823 \cos 67 \\ &= 196,823 \cdot 0,390731128 \\ &= 76,90472313 \text{ T} \end{aligned}$$

Vu dari kabel 3

$$\begin{aligned} &= P_u \cos \alpha \\ &= 236,217 \cos 71 \\ &= 236,217 \cdot 0,325568154 \\ &= 76,90472313 \text{ T} \end{aligned}$$

Vu dari kabel 4

$$\begin{aligned}
 &= Pu \cos \alpha \\
 &= 279,0069 \cos 74 \\
 &= 279,0069 \cdot 0,275637356 \\
 &= 76,90472313 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Vu dari kabel 5

$$\begin{aligned}
 &= Pu \cos \alpha \\
 &= 317,8907 \cos 76 \\
 &= 317,8907 \cdot 0,241921896 \\
 &= 76,90472313 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Vu dari kabel 6

$$\begin{aligned}
 &= Pu \cos \alpha \\
 &= 341,8731 \cos 77 \\
 &= 341,8731 \cdot 0,224951054 \\
 &= 76,90472313 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Vu dari kabel 7

$$\begin{aligned}
 &= Pu \cos \alpha \\
 &= 369,8913 \cos 78 \\
 &= 369,8913 \cdot 0,207911691 \\
 &= 76,90472313 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Vu dari kabel 8

$$\begin{aligned}
 &= Pu \cos \alpha \\
 &= 369,8913 \cos 78 \\
 &= 369,8913 \cdot 0,207911691 \\
 &= 76,90472313 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma V = 615,238 \text{ T}$$

$$\begin{aligned}
 D &= Pu \sin \alpha \\
 &= 615,238 / \sin 45 \\
 &= 870,0776196 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma H &= \sqrt{D^2 - H^2} \\
 &= \sqrt{757035^2 - 378517,532^2} \\
 &= 615,24 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Kabel Penahan Temporary Tower

Pu' kabel 1

$$\begin{aligned}
 &= Pu \tan \alpha \\
 &= 153,809 / \cos 50 \\
 &= 153,809 \cdot 0,64278761 \\
 &= 239,2850203 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu' kabel 2

$$\begin{aligned}
 &= Pu \tan \alpha \\
 &= 153,809 / \cos 46 \\
 &= 153,809 \cdot 0,69465837 \\
 &= 221,4173942 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu' kabel 3

$$\begin{aligned}
 &= Pu \tan \alpha \\
 &= 153,8094 / \cos 43 \\
 &= 153,8094 \cdot 0,731353702 \\
 &= 210,3078796 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu' kabel 4

$$\begin{aligned}
 &= Pu \tan \alpha \\
 &= 153,8094 / \cos 39 \\
 &= 153,8094 \cdot 0,777145961 \\
 &= 197,9157763 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Poer Penahan

Mencari gaya Vertikal pada Poer

Pu' dari kabel 1

$$\begin{aligned}
 &= Pu \cos \alpha \\
 &= 239,285 \cos 50 \\
 &= 239,285 \cdot 0,64278761 \\
 &= 153,8094463 \quad T
 \end{aligned}$$

Pu' dari kabel 2

$$\begin{aligned}
 &= Pu \cos \alpha \\
 &= 221,417 \cos 46 \\
 &= 221,417 \cdot 0,69465837 \\
 &= 153,8094463 \quad T
 \end{aligned}$$

Pu' dari kabel 3

$$\begin{aligned}
 &= Pu \cos \alpha \\
 &= 210,3079 \cos 43 \\
 &= 210,3079 \cdot 0,731353702 \\
 &= 153,8094463 \quad T
 \end{aligned}$$

Pu' dari kabel 4

$$\begin{aligned}
 &= Pu \cos \alpha \\
 &= 197,9158 \cos 39 \\
 &= 197,9158 \cdot 0,777145961 \\
 &= 153,8094463 \quad T
 \end{aligned}$$

$$\Sigma V = 615,238T$$

Mencari gaya Horisontal pada Poer

Pu dari kabel 1

$$\begin{aligned}
 &= Pu \sin \alpha \\
 &= 239,285 \sin 50 \\
 &= 239,285 \cdot 0,766044443 \\
 &= 183,3029601 \quad T
 \end{aligned}$$

Pu dari kabel 2

$$\begin{aligned}
 &= P_u \cos \alpha \\
 &= 221,417 \sin 46 \\
 &= 221,417 \cdot 0,7193398 \\
 &= 159,2743441 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu dari kabel 3

$$\begin{aligned}
 &= P_u \cos \alpha \\
 &= 210,3079 \sin 43 \\
 &= 210,3079 \cdot 0,68199836 \\
 &= 143,429629 \text{ T}
 \end{aligned}$$

Pu dari kabel 4

$$\begin{aligned}
 &= P_u \cos \alpha \\
 &= 197,9158 \sin 39 \\
 &= 197,9158 \cdot 0,629320391 \\
 &= 124,5524 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma H = 610,559 \text{ T}$$

Kontrol Stabilitas Tower

Terhadap Horisontal

Gaya H dari Kabel Penarik segmen jembatan - Gaya H dari Kabel
Penarik Temporary Tower = mendekati 0

$$615,237785 - 610,559367 = 4,6 \text{ T}$$

BAB XII PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perencanaan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Mutu baja profil yang digunakan yaitu BJ-55 ($f_y=410$ MPa ; $f_u = 550$ MPa), dan mutu beton menggunakan f'_c 30 MPa.
- Dimensi melintang lantai kendaraan lengkap dengan trotoar adalah 9 m untuk jalan 2 jalur 2 arah. Tinggi fokus busur adalah 31 meter.
- Pelat lantai kendaraan komposit, dengan tebal plat beton bertulang 253 mm (plat = 200 mm+*steel deck* =53 mm). Tulangan terpasang arah melintang D16–150 dan arah memanjang Ø12 – 400.
- Gelagar memanjang menggunakan WF 450.200.8.12, didapatkan lendutan $\Delta_{Terjadi} = 0,478$ cm $< \Delta_{Ijin} = 1,0$ cm.
- Gelagar melintang menggunakan WF 800.300.26.28 dalam keadaan setelah komposit, didapatkan lendutan $\Delta_{Terjadi} = 0,265$ cm $< \Delta_{Ijin} = 1,25$ cm.
- Penggantung lantai kendaraan menggunakan produk dari *Macalloy 520 Bar System* dengan tipe M76 berdiameter Ø72 mm, didapatkan dalam keadaan kabel putus 1 gaya yang bekerja $N_u = 1888,53$ kN $< \phi N_n = 1905,464$ kN.
- Rangka utama menggunakan profil Box baja dengan demensi sesuai pada tabel 12.1, sebagai berikut:

Nama Profil	Dimensi
Batang Diagonal Box	300.300.16.16
Batang Tarik Box	500.500.30.30
Batang Tepi Atas	800.800.50.50
Batang Tepi Atas Pojok	1200.1200.60.60
Batang Tepi bawah	700.700.50.50
Batang Tepi bawah Pojok	950.950.50.50
Batang Vertikal	300.300.25.25
Ikatan Angin Lantai “L”	200.200.20

Ikatan Angin Rangka (Pipa)	318,9.9 “
Ikatan Angin Rangka	300.300.9.9

- Sambungan menggunakan baut mutu (A325), sambungan las menggunakan EXX70, dan plat penyambung Bj 55.
Perletakan menggunakan *Pot. Bearing* dengan 3 jenis, yaitu *Fixed* (TF) , *Guided* (Tge), dan *Free* (TGa). Pada perencanaan perletakan ini menggunakan produksi dari *Mageba Bearing*.

Saran

Dengan adanya perencanaan modifikasi jembatan Kalibambang dengan menggunakan sistem rangka baja berbentuk busur sehingga mengurangi penggunaan pilar pada jembatan

DAFTAR PUSTAKA

- Amon, Rene, 1988, *Baja – Konstruksi*, Jakarta, PT. Pradnya Paramita
- Aristadi, Dien., 2006, *Analisa Sistem Rangka Baja Pada Struktur Jembatan Busur Rangka Baja*.
- Asiyanto, (2005), *Metode Konstruksi Jembatan Baja*, Jakarta, UI-Press.
- M. Das, (1998), *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Jakarta, Erlangga.
- Chen, Wai-Fah, Duan, Lian., 2000, *Bridge Engineering Handbook*, Boca Raton. London
- Departemen PU Bina Marga., 1992, *Bridge Management System (BMS)*.
- Hool, G.A., & Kinne, W.S., 1943, *Moveable And Long-Span Steel Bridges (Second Edition.)*, New York & London, McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Irawan, Djoko., Diklat Kuliah Konstruksi Jembatan. Surabaya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Salmon, Charles G., 1986, *Struktur Baja: Disain dan Perilaku Jilid 1.*, Jakarta, Erlangga.
- Setiawan, Agus., 2008, *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, Jakarta, Erlangga
- Standart Nasional Indonesia (SNI) T-03-2005, *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan.*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Standart Nasional Indonesia (SNI 1729:2015), *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural.*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Standart Nasional Indonesia (SNI 1725:2016), *Standar Pembebanan Untuk Jembatan.*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Standart Nasional Indonesia (SNI 1726-201X), *Standar Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*, Departemen Pekerjaan Umum.

- Struyk, H.J., 1984, *Jembatan*, Jakarta, PT. Pradnya Paramita
- Sugihardjo, Hidayat., *Diktat Kuliah Jembatan Bentang Panjang*. Surabaya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wahyudi, Herman., 1999, *Daya Dukung Pondasi Dalam*, Surabaya.
- Victor, Djohnson, (1980), *Essentials of Bridge Engineering*, New Delhi, Oxford & IBH Publishing CO, Third Edition.
- Zderic, Zeljco., 2008, *Cantilever Erection of Arch Bridge*. Kroasia

BIODATA PENULIS



Farid Rozaq Laksono adalah nama penulis tugas akhir ini. Penulis lahir dari orang tua dari Sasmoko dan Tri Agustina sebagai anak ke dua dari dua bersaudara. Penulis dilahirkan di Surabaya, 22 Februari 1995. Sebelumnya penulis pernah mengenyam pendidikan di TK Hidayatullah, SDN Manukan Kulon III Surabaya.

SMP Negeri 3 Surabaya dan SMA Negeri 1 Surabaya. Setelah menyelesaikan studinya di SMA Negeri 1 Surabaya, Penulis melanjutkan pendidikan pada Tahun 2012 di Diploma III Teknik Sipil ITS jurusan teknik sipil yang ditempuh selama 3 tahun dan lulus pada tahun 2015. Pada tahun 2015, Penulis melanjutkan studi ke jenjang sarjana di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa ITS dengan NRP 3115 105 056. Di Jurusan Teknik Sipil ini, penulis mengambil bidang studi struktur sebagai tugas akhir.

Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan. Untuk menghubungi penulis terkait tugas akhir ini dapat menghubungi pada alamat email berikut faridrlaksono@gmail.com

“Halaman Sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

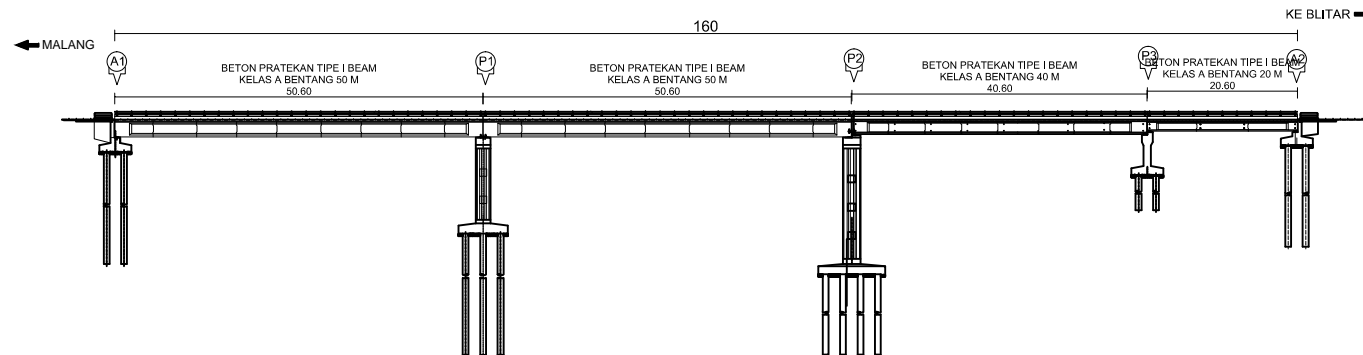
Potongan Memanjang Sebelum Modifikasi
 Potongan Melintang Sebelum Modifikasi
 Potongan Memanjang Setelah Modifikasi
 Potongan Melintang Setelah Modifikasi
 Ikatan Angin
 Detail Sambungan Balok
 Detail Sambungan Ikatan Angin Rangka
 Detail Sambungan ikatan Silang Ikatan Angin
 Detail Sambungan Ikatan angin Lantai Kendaraan
 Detail Sambungan ‘G’ Rangka Utama
 Detail Sambungan ‘H’ Rangka Utama
 Detail Sambungan ‘I’ Rangka Utama
 Detail Sambungan ‘J’ Rangka Utama
 Detail Sambungan ‘K’ Rangka Utama
 Detail Sambungan ‘L’ Rangka Utama
 Detail Sambungan ‘M’ Rangka Utama
 Detail Sambungan ‘N’ Rangka Utama
 Staging Analysis ‘*Stage 1*’
 Staging Analysis ‘*Stage 2*’
 Staging Analysis ‘*Stage 3*’
 Staging Analysis ‘*Stage 4*’
 Staging Analysis ‘*Stage 5*’
 Staging Analysis ‘*Stage 6*’
 Staging Analysis ‘*Stage 7*’
 Staging Analysis ‘*Stage 8*’
 Staging Analysis ‘*Stage 9*’
 Staging Analysis ‘*Stage 10*’
 Staging Analysis ‘*Stage 11*’
 Staging Analysis ‘*Stage 12*’
 Staging Analysis ‘*Stage 13*’
 Data Tanah
 Brosur Macalloy Bar System
 Brosur Pot Bearing
 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :
POTONGAN MEMANJANG SEBELUM MODIFIKASI

KETERANGAN :



TAMPAK MEMANJANG
JEMBATAN
SKALA 1 : 500

NAMA MAHASISWA	NRP
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056
DOSEN PEMBIMBING	NIP
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440

KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
STR	1	18

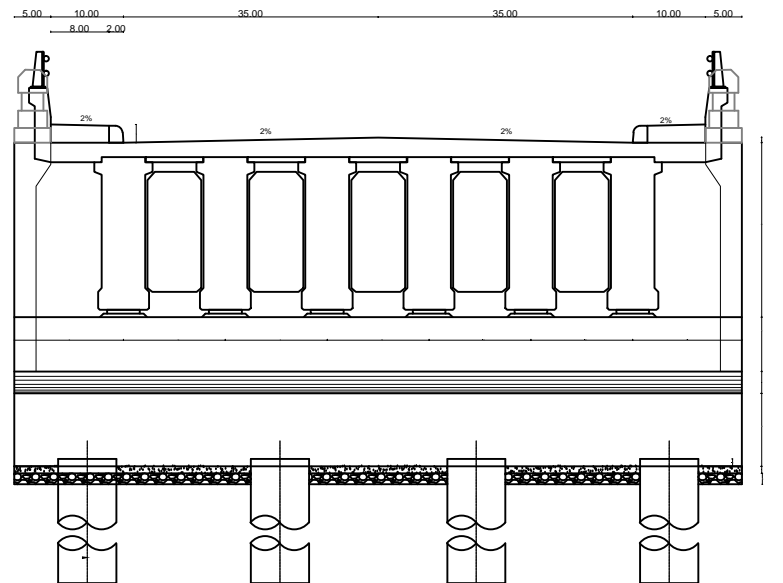


PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

POTONGAN MELINTANG SEBELUM MODIFIKASI

KETERANGAN :



TAMPAK MELINTANG JEMBATAN
SKALA 1 : 500

NAMA MAHASISWA	NRP
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056
DOSEN PEMBIMBING	NIP
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440

KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
STR	2	18



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

POTONGAN MEMANJANG SETELAH MODIFIKASI

KETERANGAN :

- Balok Melintang WF 800.300.26.28
- Balok memanjang WF 450.200.8.12
- Batang Diagonal Box 300.300.16.16
- Batang Tepi atas 800.800.50.50
- Batang Tepi atas Pojok 1200.1200.60.60
- Batang Tepi Bawah 700.700.50.50
- Batang Tepi Bawah Pojok 950.950.50.50
- Batang Vertikal Box 300.300.25.25
- Ikatan angin rangka Pipa 318,9.9
- Ikatan Angin Rangka Box 300.300.9.9

NAMA MAHASISWA

NRP

FARID ROZAQ LAKSONO

3115105056

DOSEN PEMBIMBING

NIP

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

131651440

KODE GBR

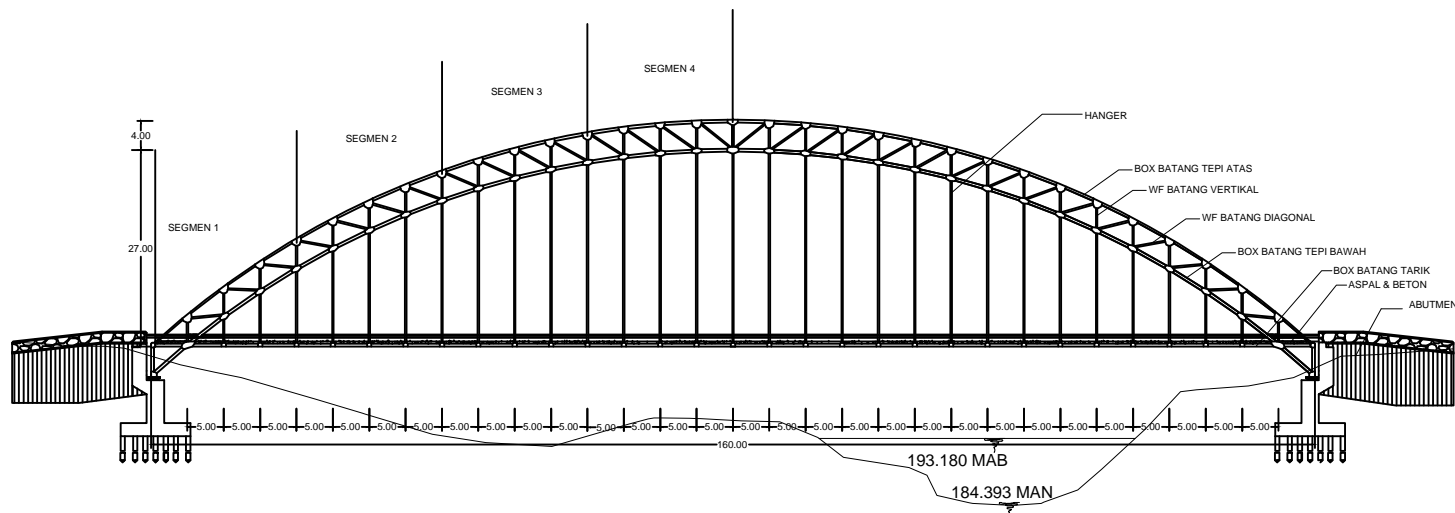
No. GBR

JMLH GBR

STR

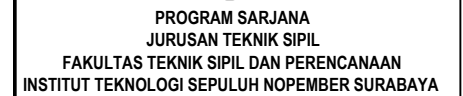
3

18



POTONGAN MEMANJANG SETELAH MODIFIKASI

SKALA 1:50



POTONGAN MELINTANG SETELAH MODIFIKASI

NAMA MAHASISWA		NRP	
FARID ROZAQ LAKSONO		3115105056	
DOSEN PEMBIMBING		NIP	
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS		131651440	
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	4	18



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

IKATAN ANGIN DAN DENAH LANTAI

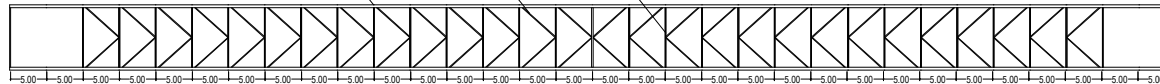
KETERANGAN :

SKALA 1: 50

NAMA MAHASISWA	NRP
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056
DOSEN PEMBIMBING	NIP
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440

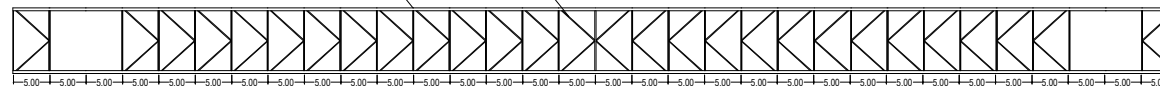
KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
STR	5	18

BATANG TEPI ATAS RANGKA UTAMA IKATAN ANGIN RANGKA UTAMA ATAS
BATANG HORIZONTAL IKATAN ANGIN RANGKA



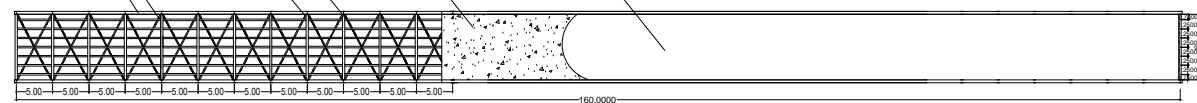
IKATAN ANGIN RANGKA ATAS

BATANG TEPI BAWAH RANGKA UTAMA IKATAN ANGIN RANGKA UTAMA BAWAH



IKATAN ANGIN RANGKA BAWAH

BALOK MEMANJANG BATANG TARIK RANGKA UTAMA
BALOK MELINTANG IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN
PELAT LANTAI KENDARAAN
ASPAL LANTAI KENDARAAN



DENAH LANTAI KENDARAAN JEMBATAN



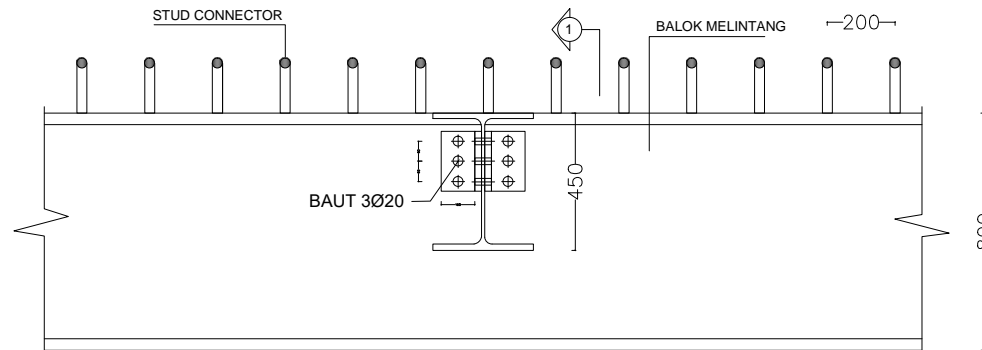
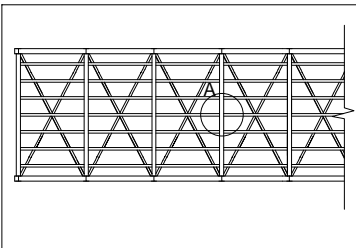
**PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

NAMA GAMBAR :
DETAIL SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DAN BALOK
MELINTANG

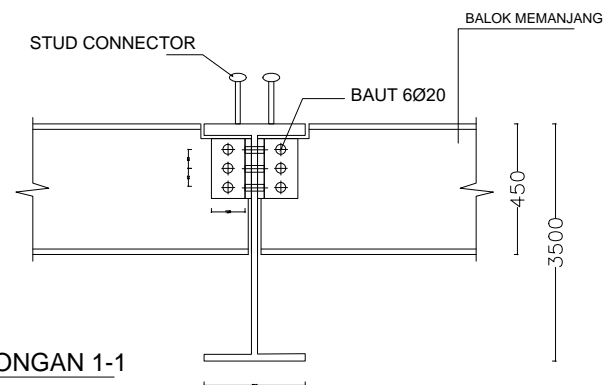
KETERANGAN :

- BALOK MELINTANG WF 800.300.26.28
- BALOK MEMANJANG WF 450.200.8.12
- BAUT TIPE A325 ($f_u = 825 \text{ MPa}$) DIAMETER 20 mm
- PELAT SAMBUNG SIKU L 120.120.11 BJ 50 ($f_y = 290 \text{ MPa}$; $f_u = 500 \text{ MPa}$)
- STUD CONNECTOR DIAMETER 25 DIPASANG SEJARAK 20 cm

NAMA MAHASISWA	NRP		
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056		
DOSEN PEMBIMBING	NIP		
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440		
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	6	18



**DETAIL A
SKALA 1 : 50**



**POTONGAN 1-1
SKALA 1 : 50**



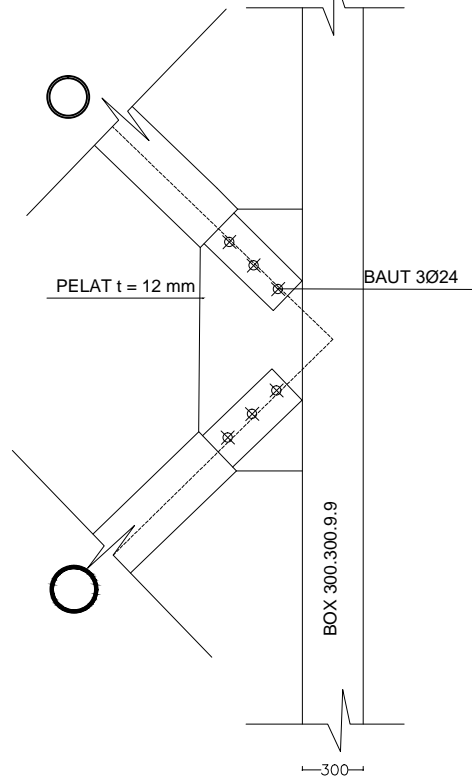
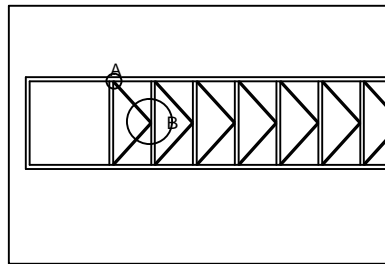
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :
DETAIL SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DAN BALOK
MELINTANG

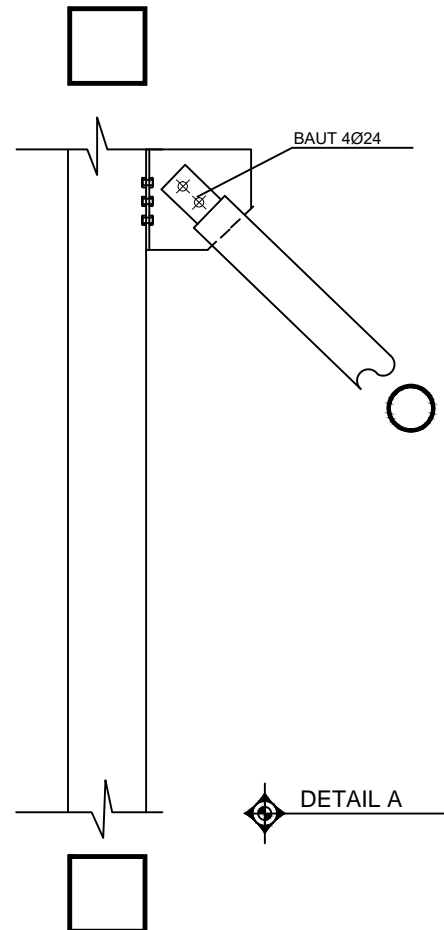
KETERANGAN :

- BALOK HORIZONTAL IKATAN ANGIN RANGKA: BOX 300.300.9.9
- PROFIL IKATAN ANGIN RANGKA: Pipa 318,9.9
- PELAT SAMBUNG $t = 12$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 24 mm

NAMA MAHASISWA		NRP	
FARID ROZAQ LAKSONO		3115105056	
DOSEN PEMBIMBING		NIP	
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS		131651440	
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	7	18



DETAIL B
SKALA 1 : 50



DETAIL A

SAMBUNGAN IKATAN ANGIN ATAS



**PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

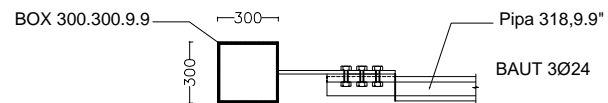
NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN IKATAN ANGIN RANGKA

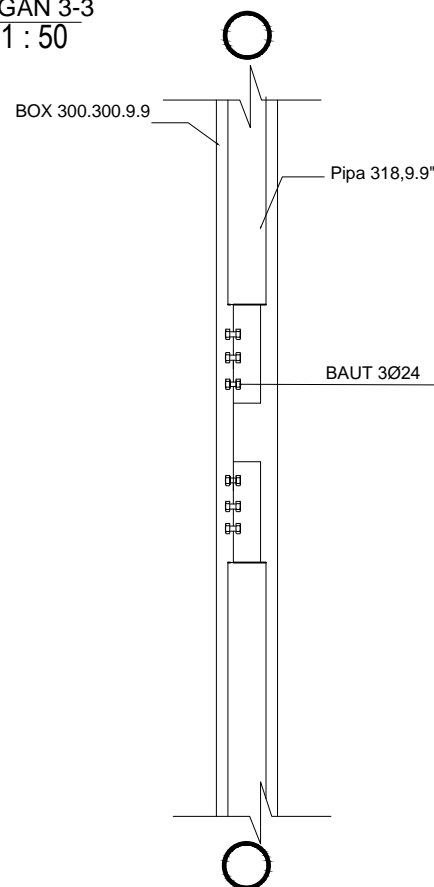
KETERANGAN :

- BALOK HORIZONTAL IKATAN ANGIN RANGKA: BOX 300.300.9.9
- PROFIL IKATAN ANGIN RANGKA: Pipa 318,9.9
- PELAT SAMBUNG $t = 12$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 24 mm

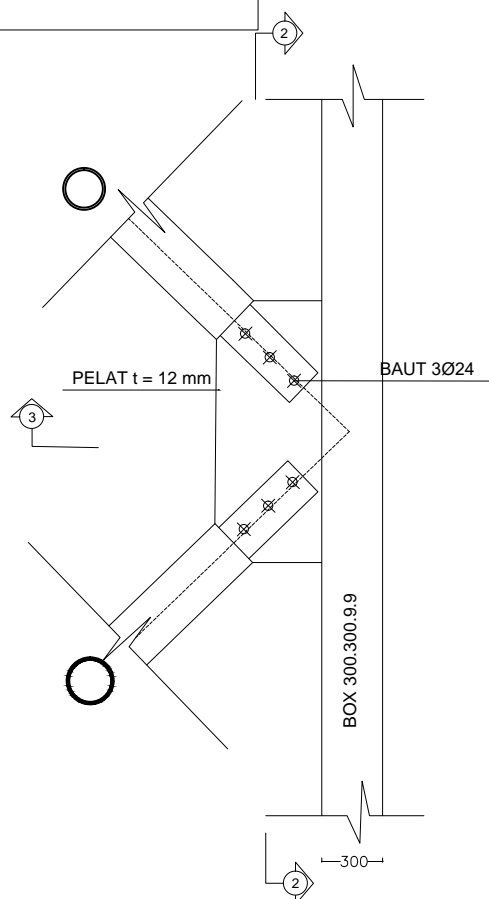
NAMA MAHASISWA		NRP	
FARID ROZAQ LAKSONO		3115105056	
DOSEN PEMBIMBING		NIP	
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS		131651440	
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	8	18



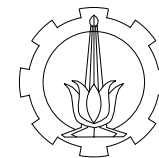
**POTONGAN 3-3
SKALA 1 : 50**



**POTONGAN 2-2
SKALA 1 : 50**



**DETAIL B
SKALA 1 : 50**



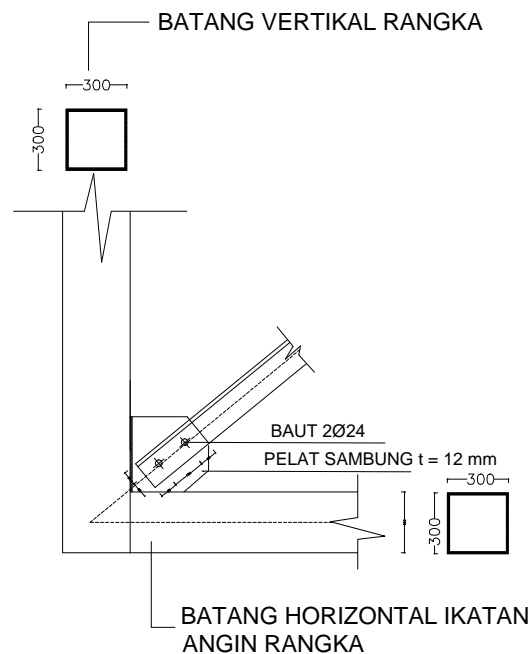
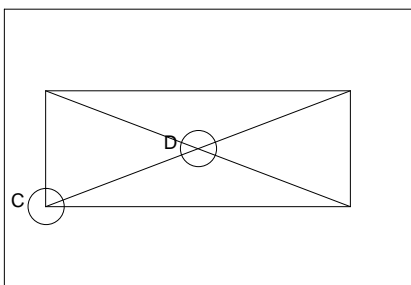
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :
DETAIL SAMBUNGAN IKATAN SILANG IKATAN ANGIN
RANGKA

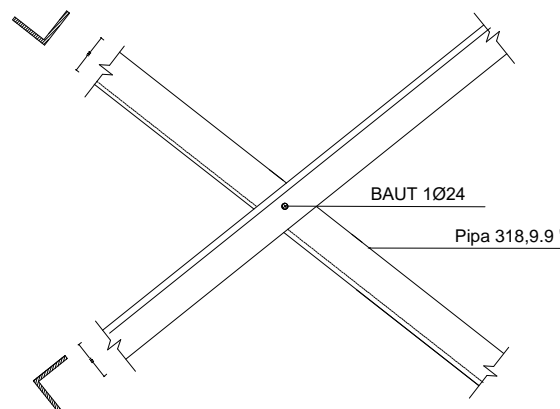
KETERANGAN :

- PROFIL IKATAN SILANG: 100.100
- PELAT SAMBUNG $t = 16$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 24 mm ($f_u = 825$ MPa)
- BATANG VERTIKAL RANGKA UTAMA BOX 300.300.25.25
- BATANG HORIZONTAL IKATAN ANGIN 300.300.16.16

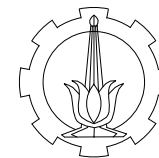
NAMA MAHASISWA	NRP		
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056		
DOSEN PEMBIMBING	NIP		
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440		
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	9	18



DETAIL C
SKALA 1 : 50



DETAIL D
SKALA 1 : 50



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

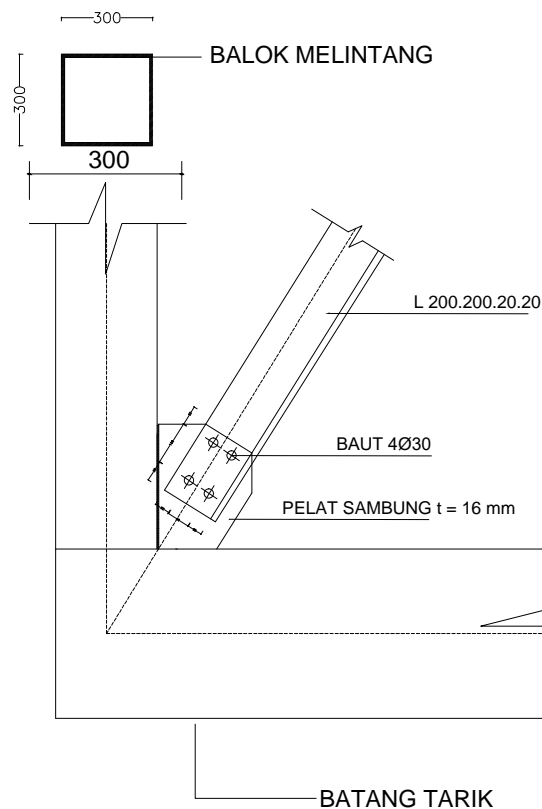
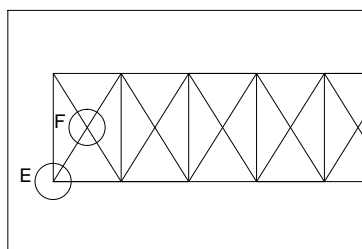
NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN

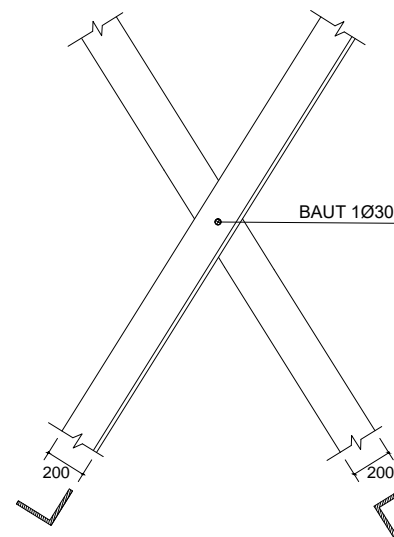
KETERANGAN :

- PROFIL IKATAN ANGIN LANTAI: L 200.200.20.20
- PELAT SAMBUNG $t = 16$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 30 mm ($f_u = 825$ MPa)
- BALOK MELINTANG WF 800.300.26.28
- BATANG TARIK RANGKA UTAMA BOX 500.500.30.30

NAMA MAHASISWA		NRP	
FARID ROZAQ LAKSONO		3115105056	
DOSEN PEMBIMBING		NIP	
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS		131651440	
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	10	18



DETAIL E
SKALA 1:50



DETAIL F
SKALA 1:50



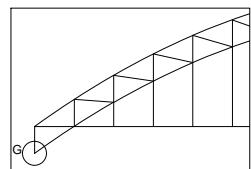
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

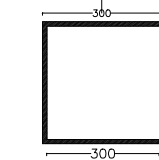
DETAIL SAMBUNGAN G RANGKA UTAMA

KETERANGAN :

- BATANG VERTIKAL AKHIR BOX 300.300.25.25
- BATANG TEPI BAWAH RANGKA UTAMA BOX 700.700.50.50
- IKATAN SILANG AKHIR BATANG L 200.200.20.20
- PELAT GUSSET $t = 22$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 36 mm ($f_u = 825$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 30 mm ($f_u = 825$ MPa)
- PERLETAKAN POT BEARING



BATANG VERTIKAL AKHIR



LUBANG KONTROL

BATANG TEPI BAWAH

LUBANG KONTROL

BAUT 18Ø36

PERLETAKAN

DETAIL G
SKALA 1:50

IKATAN SILANG AKHIR BATANG

BAUT 6Ø30

PELAT SAMBUNG $t = 16$ mm

BATANG VERTIKAL AKHIR

PERLETAKAN

POTONGAN 4-4
SKALA 1:50

IKATAN SILANG AKHIR BATANG

BATANG TEPI BAWAH

BATANG VERTIKAL AKHIR

BAUT 18Ø36

700

POTONGAN 5-5
SKALA 1:50

NAMA MAHASISWA

NRP

FARID ROZAQ LAKSONO

3115105056

DOSEN PEMBIMBING

NIP

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

131651440

KODE GBR

No. GBR

JMLH GBR

STR

11

18



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

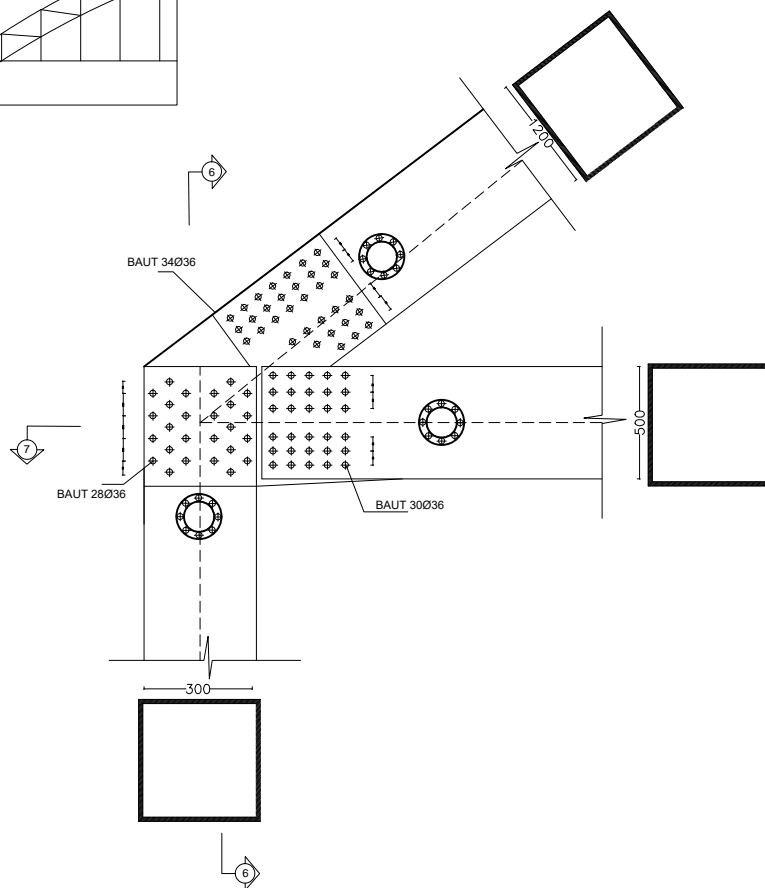
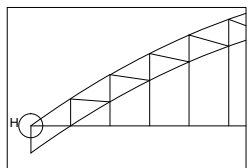
NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN H RANGKA UTAMA

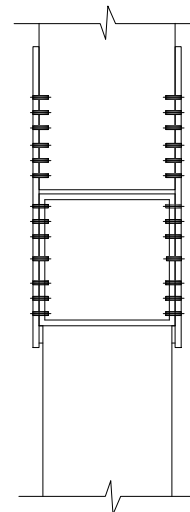
KETERANGAN :

- BATANG TEPI ATAS SEGMENT 1 BOX 1200.1200.60.60
- BATANG TARIK RANGKA UTAMA BOX 500.500.30.30
- BATANG VERTIKAL AKHIR BOX 300.300.25.25
- PELAT GUSSET $t = 22$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 36 mm ($f_u = 825$ MPa)

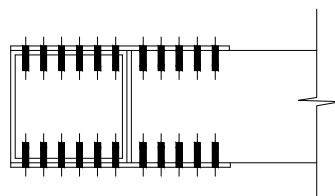
NAMA MAHASISWA	NRP		
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056		
DOSEN PEMBIMBING	NIP		
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440		
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	12	18



POTONGAN 6-6
SKALA 1:50



DETAIL H
SKALA 1:50



POTONGAN 7-7
SKALA 1:50



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

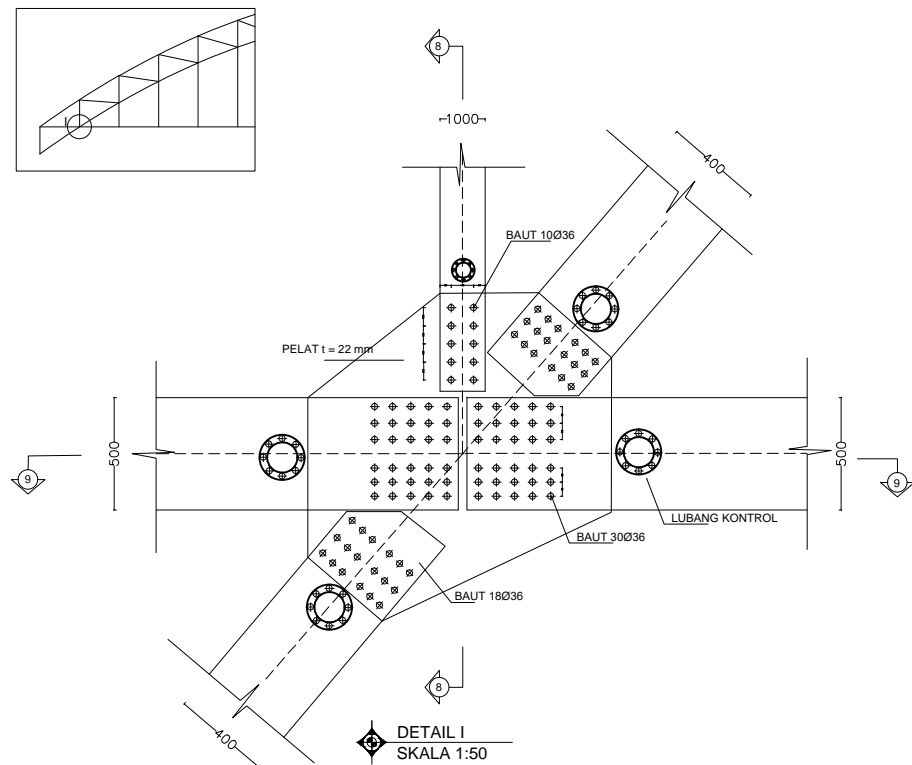
NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN I RANGKA UTAMA

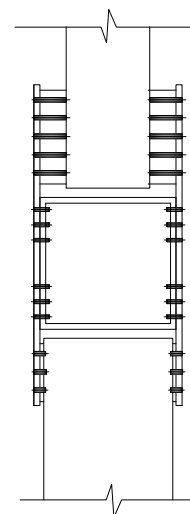
KETERANGAN :

- BATANG TARIK RANGKA UTAMA BOX 500.500.30.30
- BATANG TEPI BAWAH BOX 700.700.50.50
- BATANG VERTIKAL RANGKA UTAMA BOX 300.300.25.25
- PELAT GUSSET t = 22 mm BJ 50 ($f_y = 290 \text{ MPa}$; $f_u = 500 \text{ MPa}$)
- BAUT A325 DIAMETER 36 mm ($f_u = 825 \text{ MPa}$)

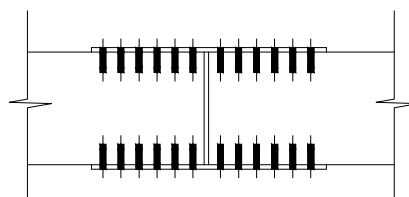
NAMA MAHASISWA	NRP		
FARID ROZQA LAKSONO	3115105056		
DOSEN PEMBIMBING	NIP		
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440		
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	13	18



DETAIL I
SKALA 1:50



POTONGAN 8-8
SKALA 1:50



POTONGAN 9-9
SKALA 1:50



**PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

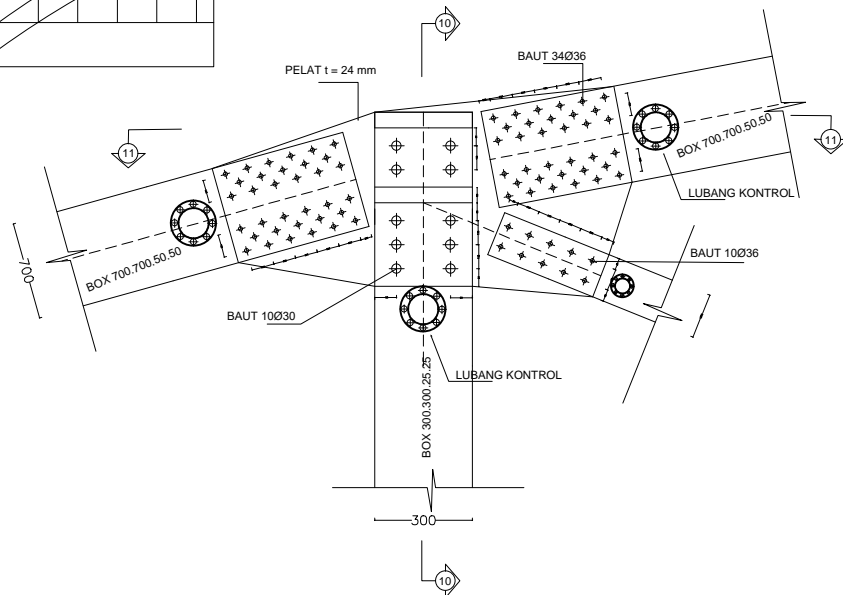
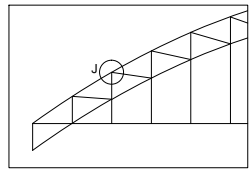
NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN J RANGKA UTAMA

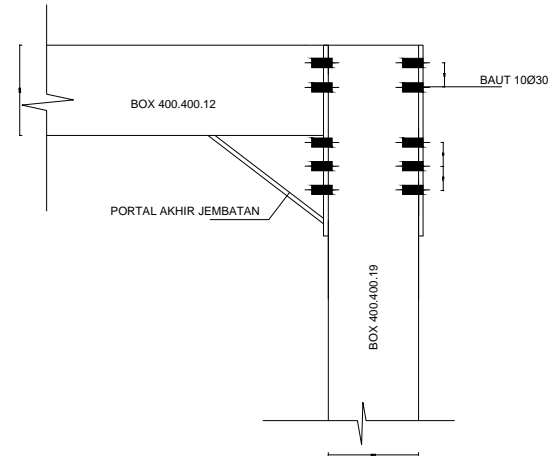
KETERANGAN :

- KOLOM PORTAL AKHIR BOX 400.400.19
- BALOK PORTAL AKHIR BOX 400.400.12
- PELAT SAMBUNG PORTAL AKHIR $t = 22$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BATANG TEPI ATAS SEGMENT 3 RANGKA UTAMA BOX 500.500.22
- PELAT GUSSET $t = 22$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 36 mm ($f_u = 825$ MPa) (RANGKA UTAMA)
- BAUT A325 DIAMETER 30 mm ($f_u = 825$ MPa) (PORTAL AKHIR)

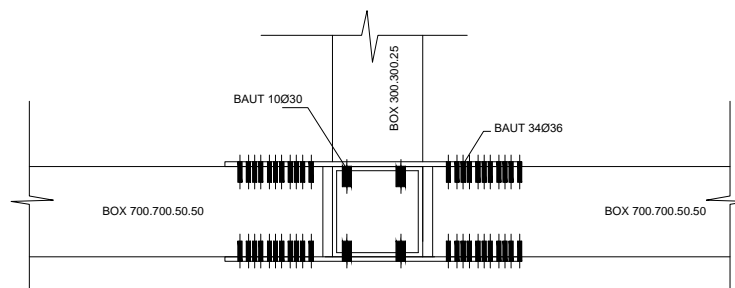
NAMA MAHASISWA	NRP		
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056		
DOSEN PEMBIMBING	NIP		
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440		
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	14	18



DETAIL
SKALA 1:50



POTONGAN 10-10
SKALA 1:50



POTONGAN 11-11
SKALA 1:50



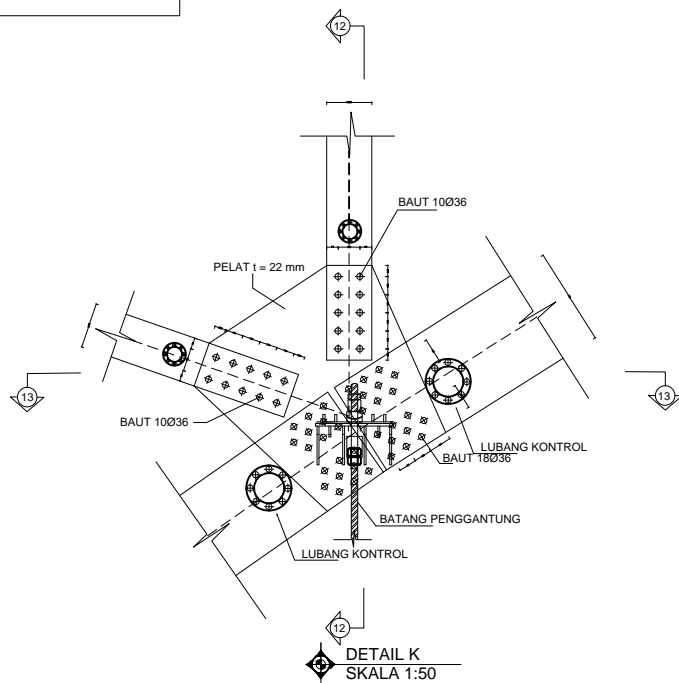
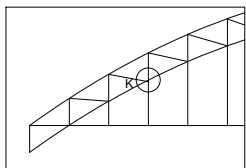
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

NAMA GAMBAR :

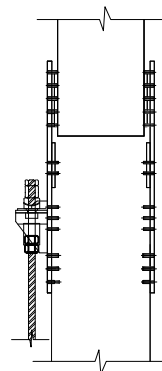
DETAIL SAMBUNGAN K RANGKA UTAMA

KETERANGAN :

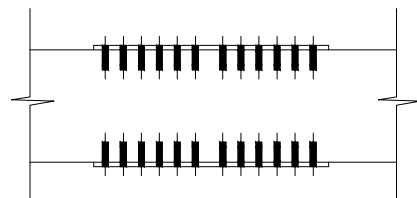
- BATANG TEPI BAWAH BOX 700.700.50.50
- BATANG DIAGONAL BOX 300.300.16.16
- BATANG VERTIKAL BOX 300.300.25.25
- PELAT GUSSET $t = 22$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 36 mm ($f_u = 825$ MPa)
- BATANG PENGGANTUNG BAJA ULIR DIAMETER 47 mm ($f_y = 839$ MPa; $f_u = 1048$ MPa)



DETAIL K
SKALA 1:50



POTONGAN
12-12
SKALA 1:50



POTONGAN 13-13
SKALA 1:50

NAMA MAHASISWA	NRP		
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056		
DOSEN PEMBIMBING	NIP		
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440		
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	15	18



**PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

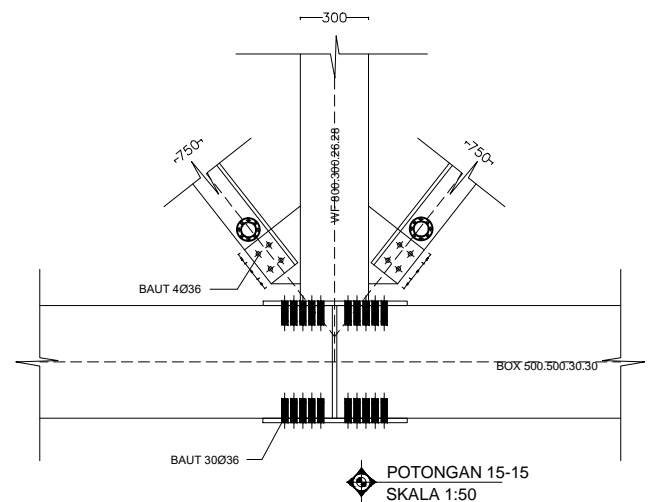
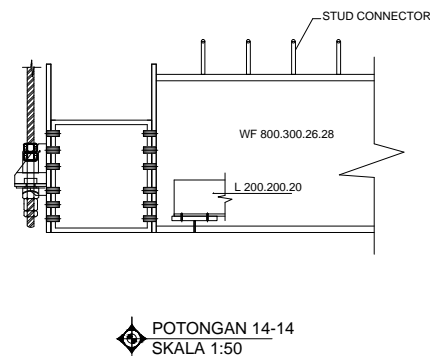
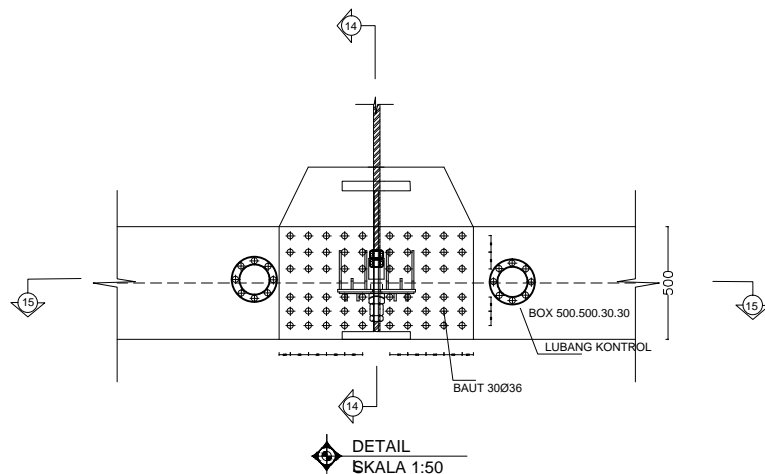
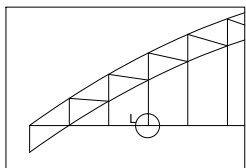
NAMA GAMBAR :

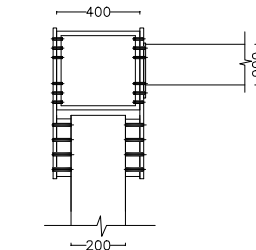
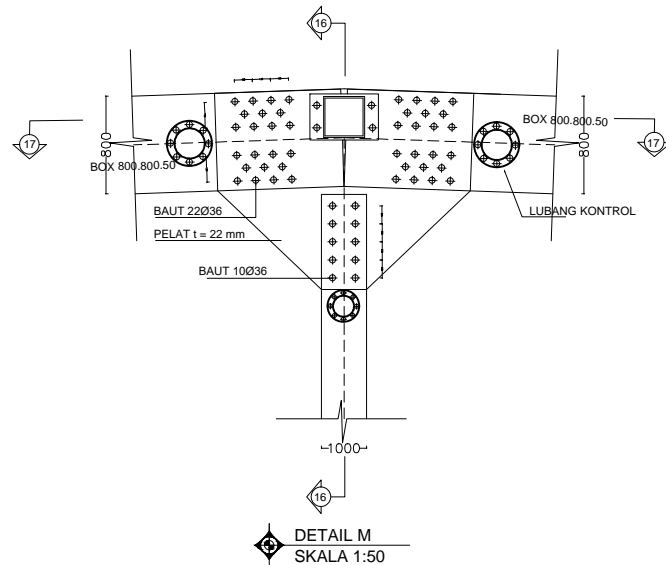
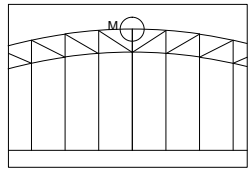
DETAIL SAMBUNGAN L RANGKA UTAMA

KETERANGAN :

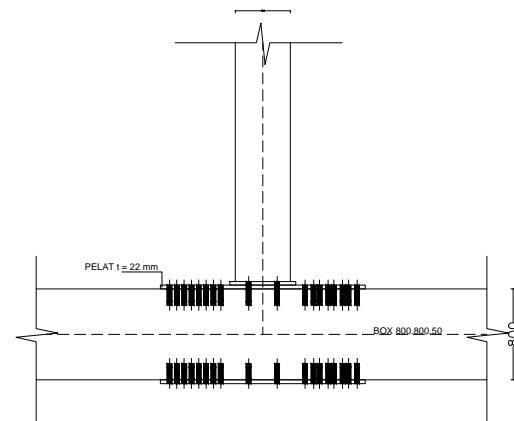
- BATANG TARIK RANGKA UTAMA BOX 500.500.30
- BALOK MELINTANG WF 800.300.26.28
- PELAT GUSSET $t = 25$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN L 200.200.20.20
- BAUT A325 DIAMETER 36 mm ($f_u = 825$ MPa) (RANGKA UTAMA)
- BAUT A325 DIAMETER 30 mm ($f_u = 825$ MPa) (IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN)
- BATANG PENGANTUNG BAJA ULIR DIAMETER 47 mm ($f_y = 839$ MPa; $f_u = 1048$ MPa)

NAMA MAHASISWA	NRP		
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056		
DOSEN PEMBIMBING	NIP		
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440		
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	16	18





POTONGAN 16-16
SKALA 1:50



POTONGAN 17-17
SKALA 1:50



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

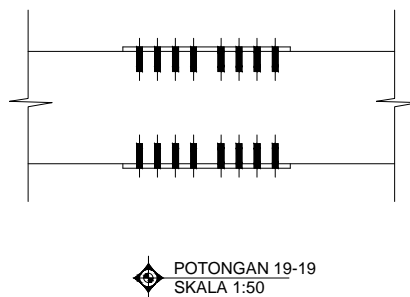
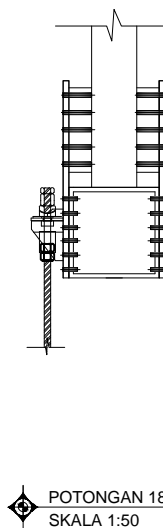
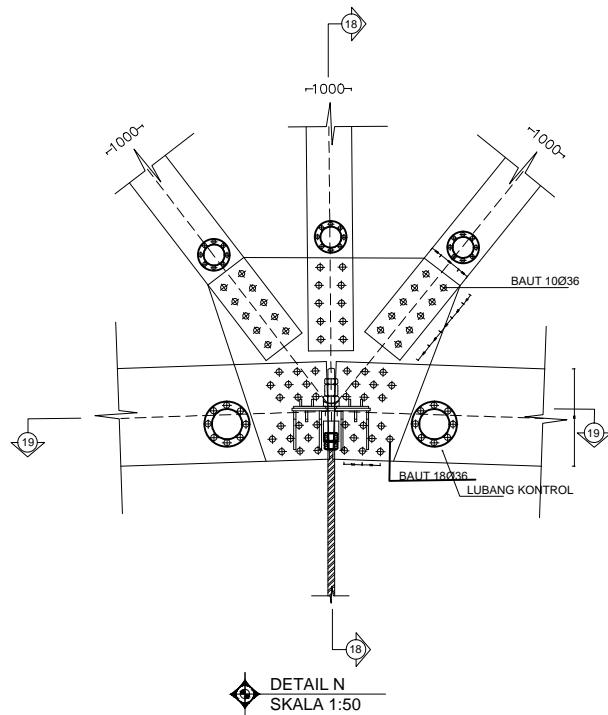
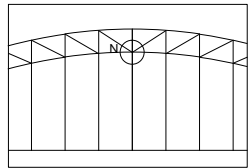
NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN M RANGKA UTAMA

KETERANGAN :

- BATANG TEPI ATAS SEGMENT 3 BOX 800.800.50.50
- BATANG VERTIKAL RANGKA UTAMA BOX 300.300.25.25
- BATANG HORIZONTAL IKATAN ANGIN BOX 180.180.6.3
- PELAT GUSSET t = 22 mm BJ 50 ($f_y = 290 \text{ MPa}$; $f_u = 500 \text{ MPa}$)
- BAUT A325 DIAMETER 36 mm ($f_u = 825 \text{ MPa}$)

NAMA MAHASISWA	NRP		
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056		
DOSEN PEMBIMBING	NIP		
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440		
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	17	18



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

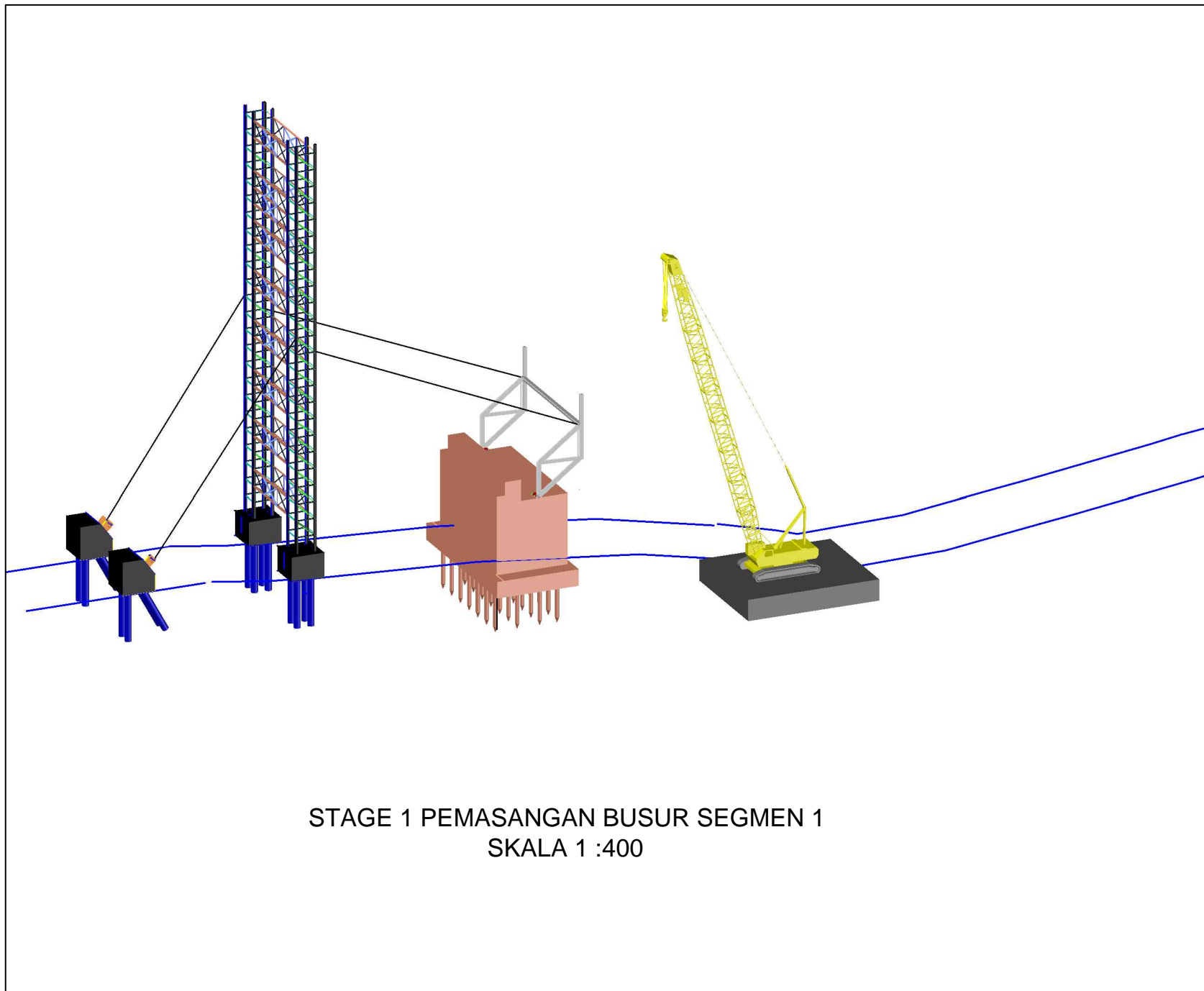
NAMA GAMBAR :

DETAIL SAMBUNGAN N RANGKA UTAMA

KETERANGAN :

- BATANG TEPI BAWAH BOX 700.700.50.50
- BATANG VERTIKAL RANGKA UTAMA BOX 300.300.25.25
- BATANG DIAGONAL RANGKA UTAMA BOX 300.300.16.16
- PELAT GUSSET $t = 22$ mm BJ 50 ($f_y = 290$ MPa; $f_u = 500$ MPa)
- BAUT A325 DIAMETER 36 mm ($f_u = 825$ MPa)
- BATANG PENGGANTUNG BAJA ULIR DIAMETER 47 mm ($f_y = 839$ MPa; $f_u = 1048$ MPa)

NAMA MAHASISWA	NRP		
FARID ROZAQ LAKSONO	3115105056		
DOSEN PEMBIMBING	NIP		
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	131651440		
	KODE GBR	No. GBR	JMLH GBR
	STR	18	18



JUDUL PROYEK AKHIR	
MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN KALIBAMBANG KAB. BLITAR - KAB. MALANG MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA	
DOSEN PEMBIMBING	
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	
NAMA MAHASISWA	
Farid Rozaq Laksono	
NAMA GAMBAR	
STAGE 1	
SKALA GAMBAR	
1 : 400	
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI
PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR-KAB.MALANG
MENGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

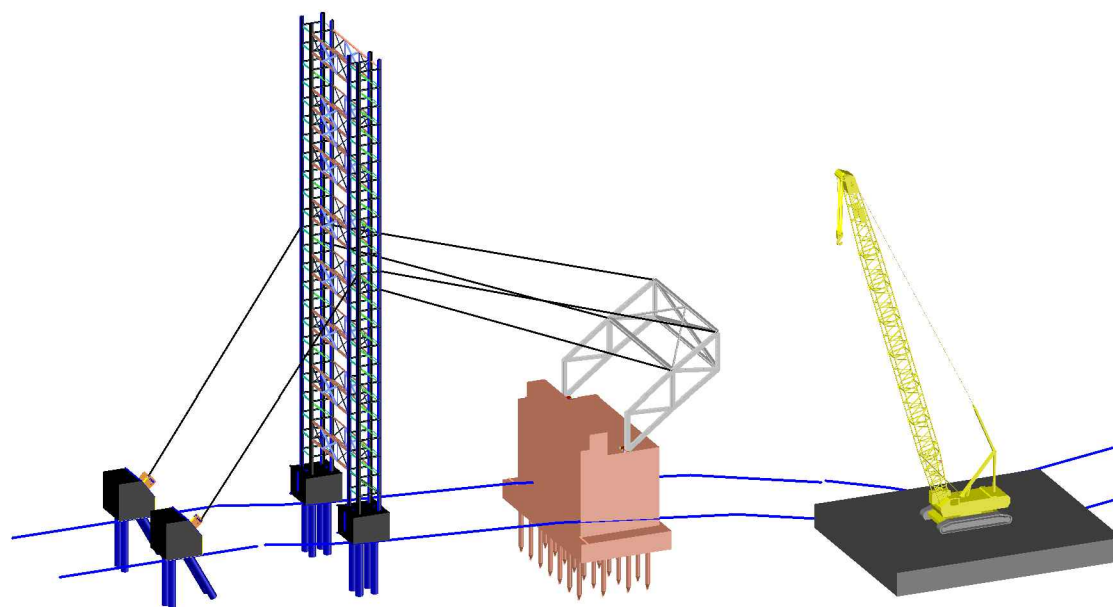
STAGE 2

SKALA GAMBAR

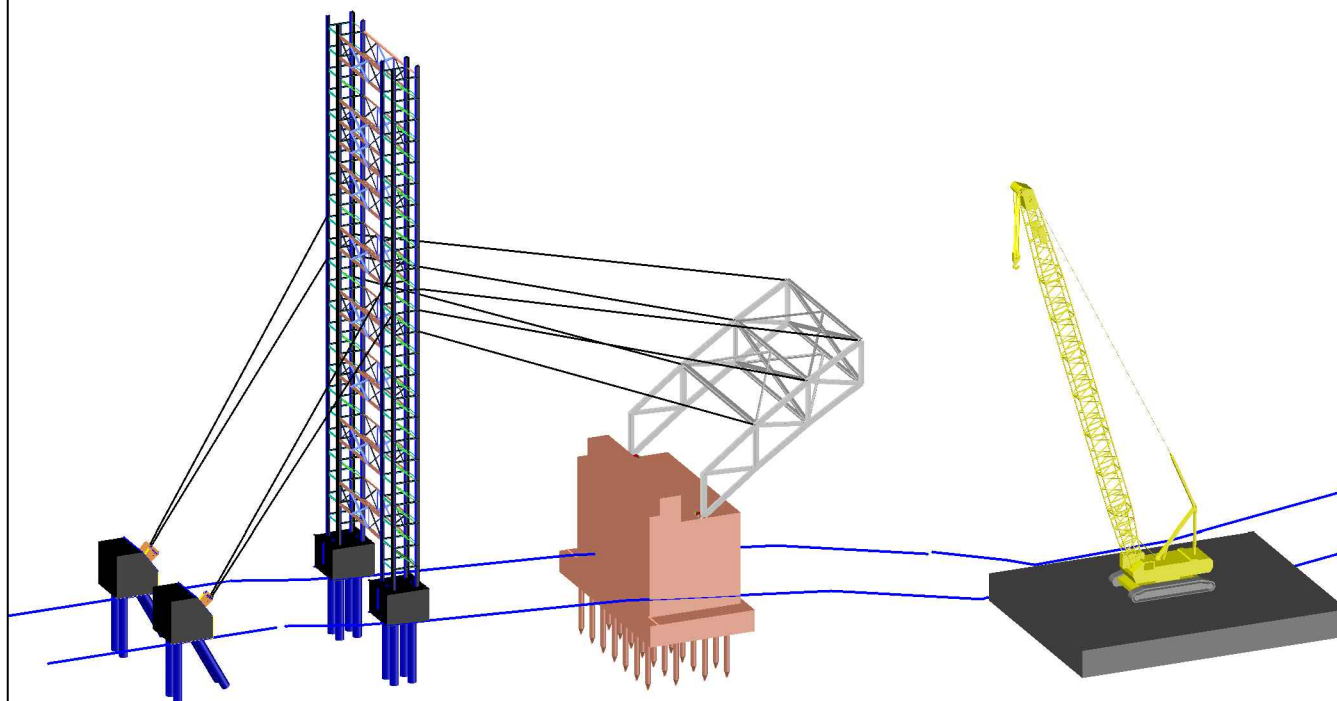
1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR



STAGE 2 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 2
SKALA 1 : 400



STAGE 3 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 3
SKALA 1 :400



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR - KAB. MALANG
MENGGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING
NIP

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA
NRP

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

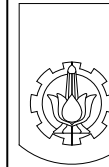
STAGE 3

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR-KAB. MALANG
MENGGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

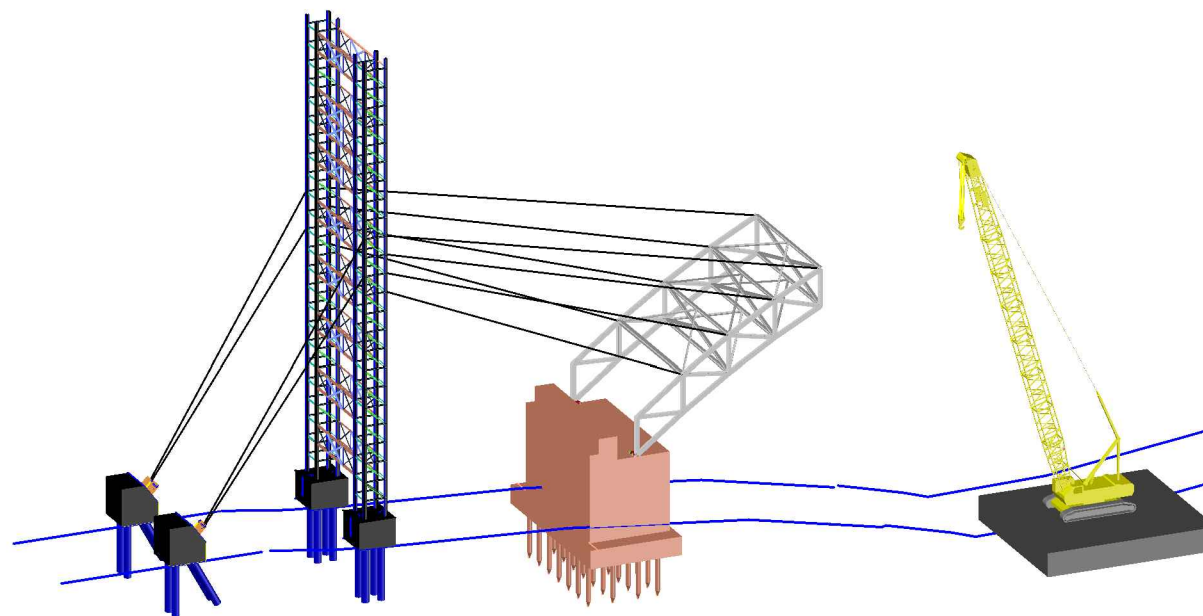
STAGE 4

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR



STAGE 4 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 4
SKALA 1 : 400

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR - KAB. MALANG
MENGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

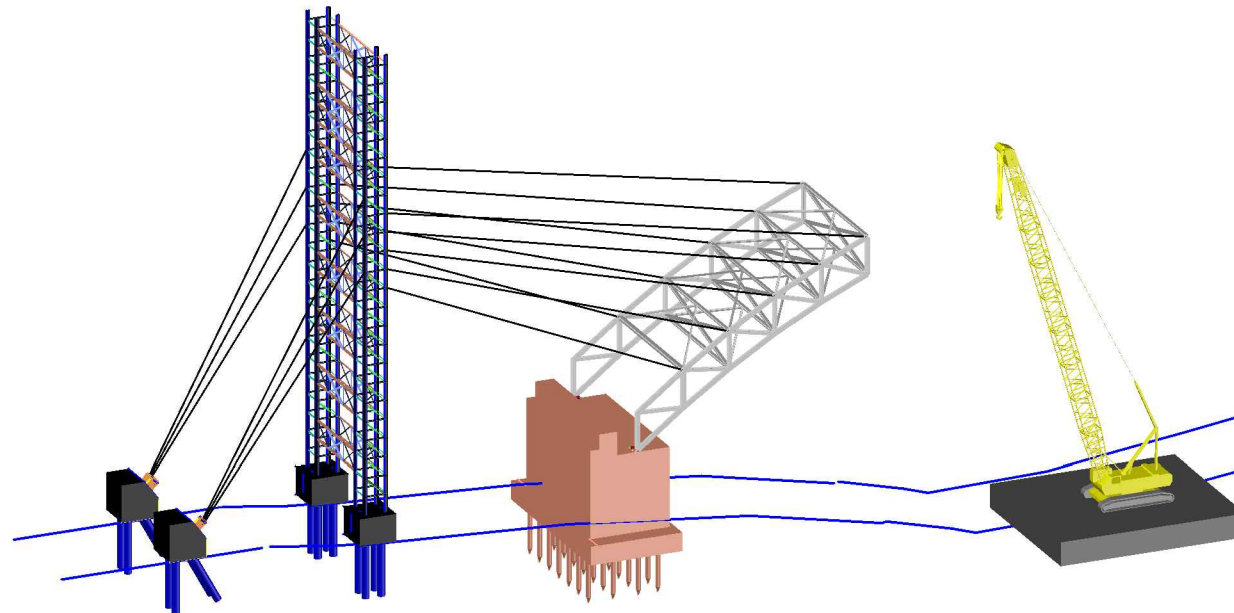
STAGE 5

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR



STAGE 5 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 5
SKALA 1 : 400

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR - KAB. MALANG
MENGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

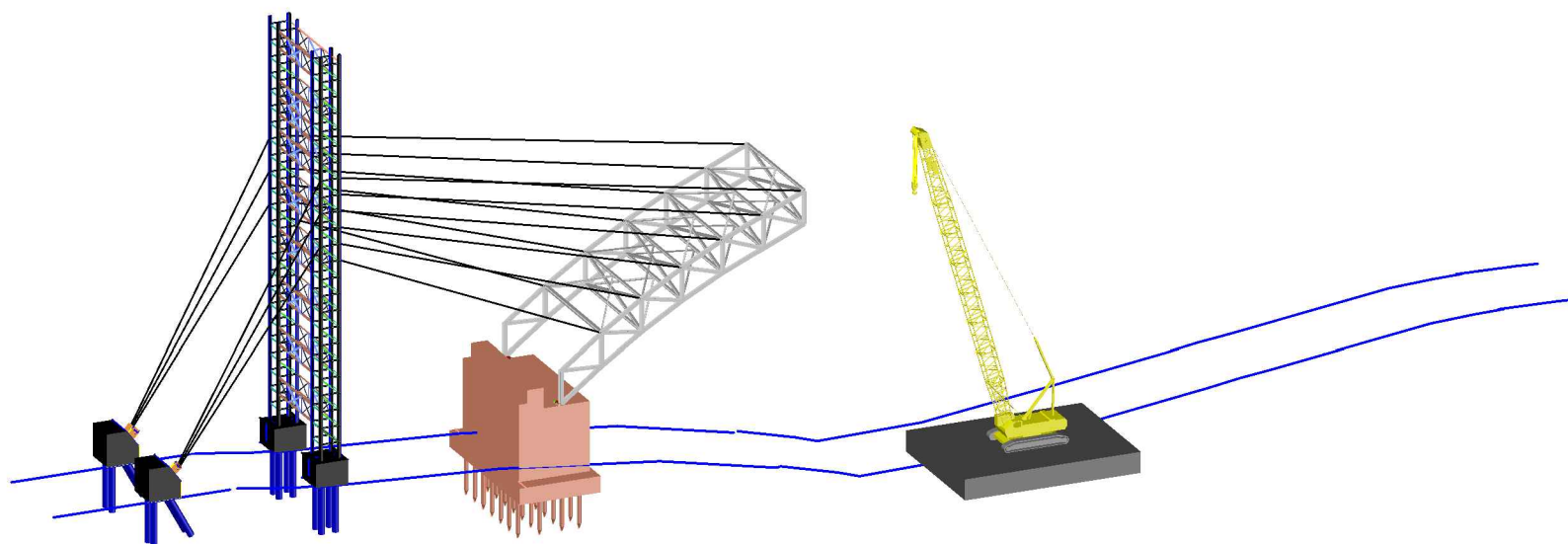
STAGE 6

SKALA GAMBAR

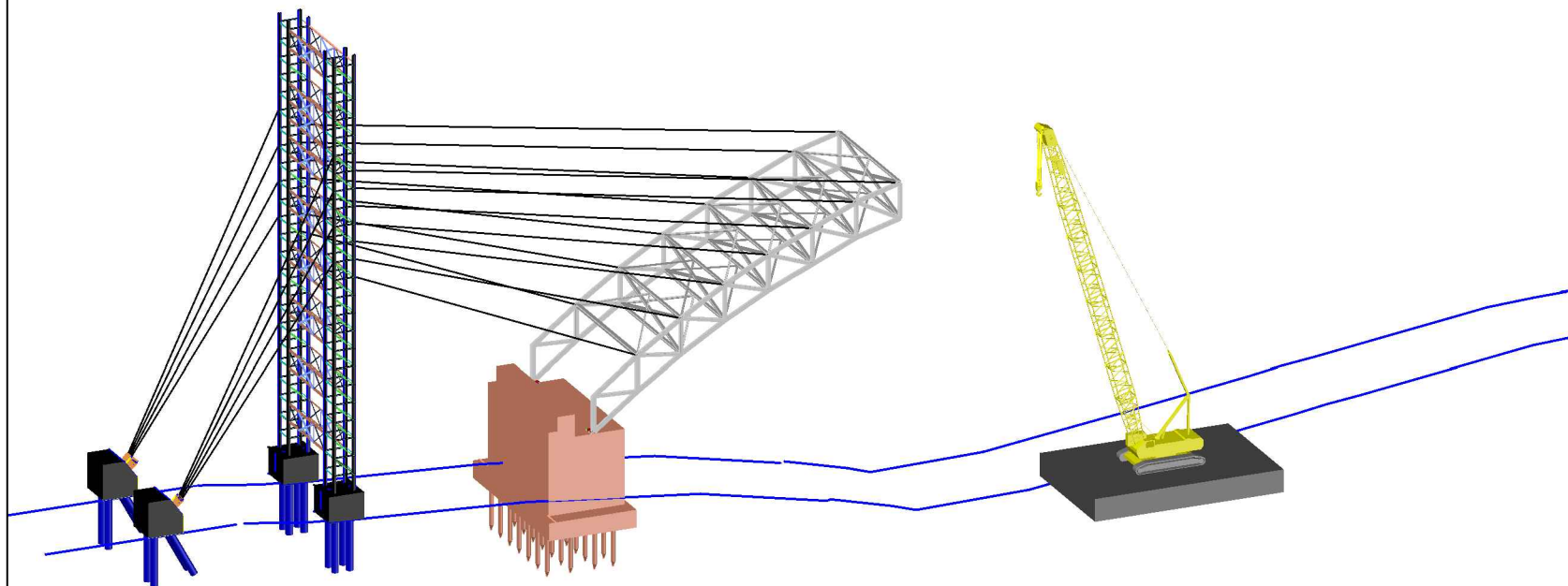
1 : 400

NOMOR
GAMBAR

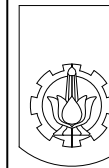
JUMLAH
GAMBAR



STAGE 6 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 6
SKALA 1 : 400



STAGE 7 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 7
SKALA 1 : 400



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR - KAB. MALANG
MENGGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

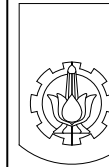
STAGE 7

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR - KAB. MALANG
MENGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

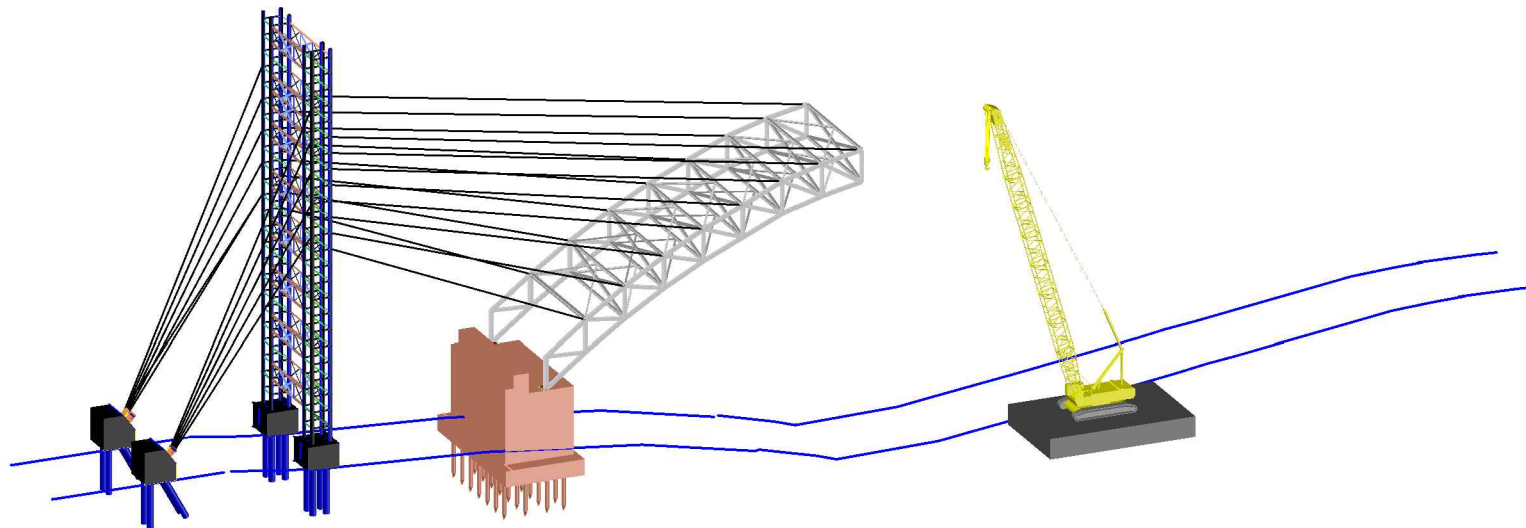
STAGE 8

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR



STAGE 7 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 8
SKALA 1 : 400



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR - KAB.
MALANG MENGGUNAKAN
BUSUR RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

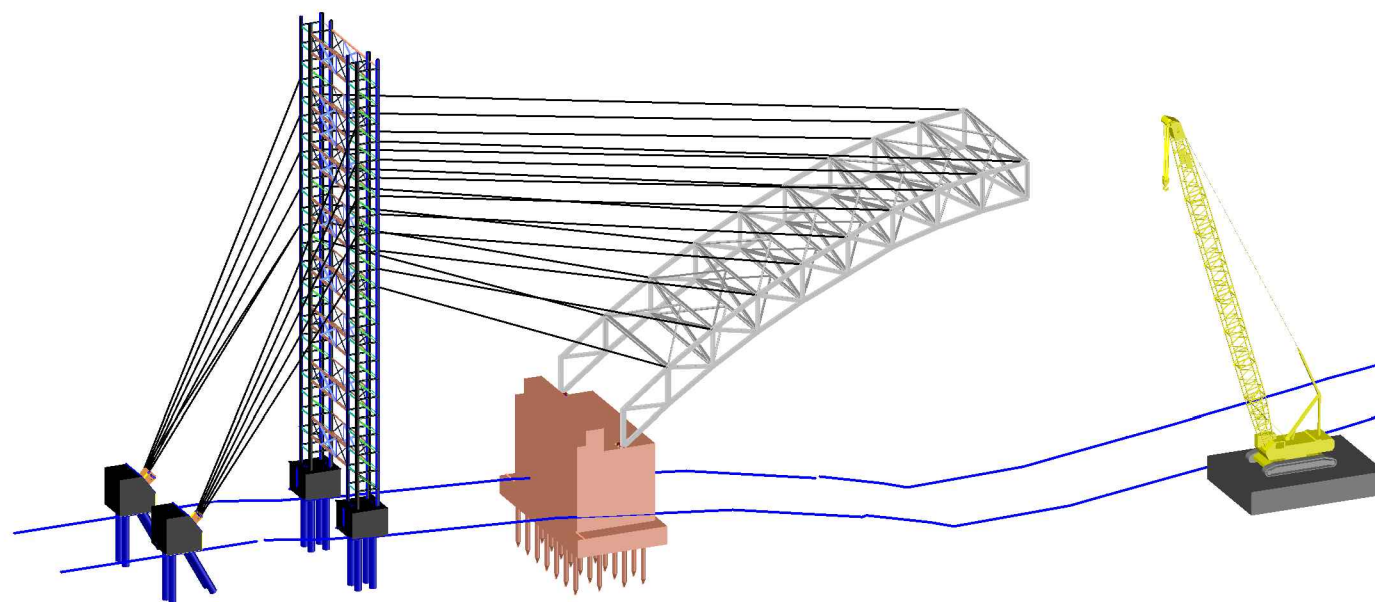
STAGE 9

SKALA GAMBAR

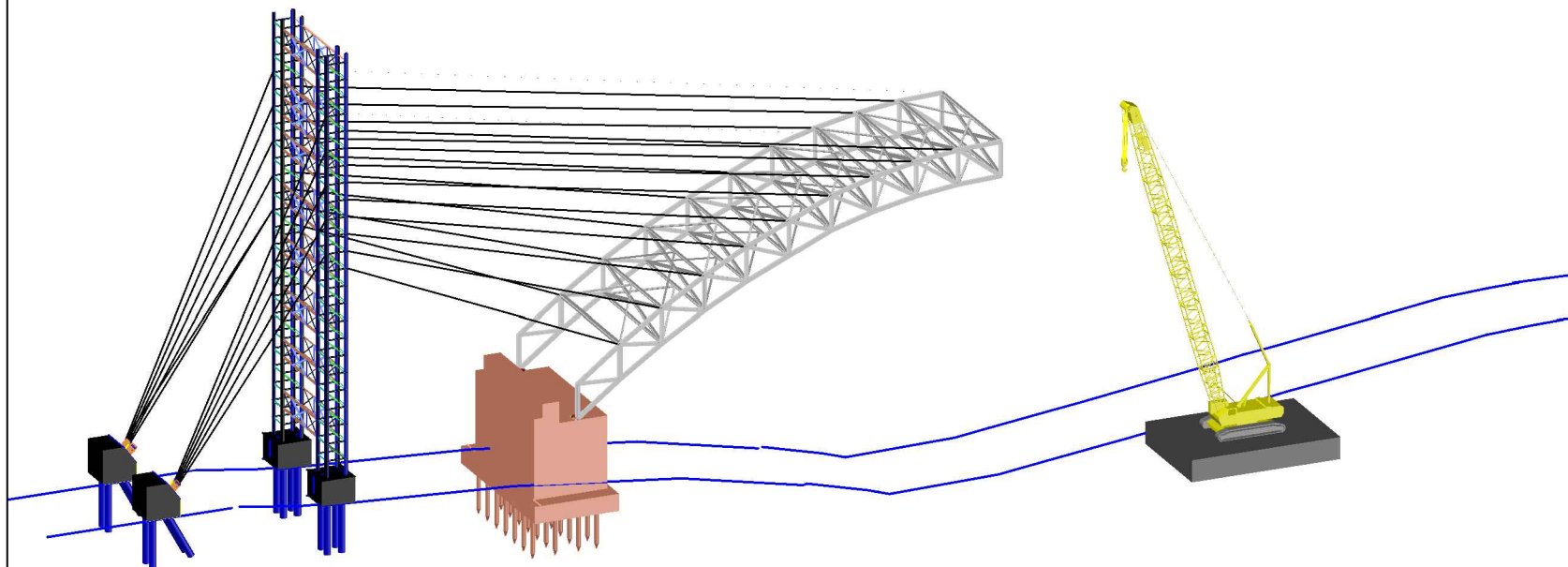
1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

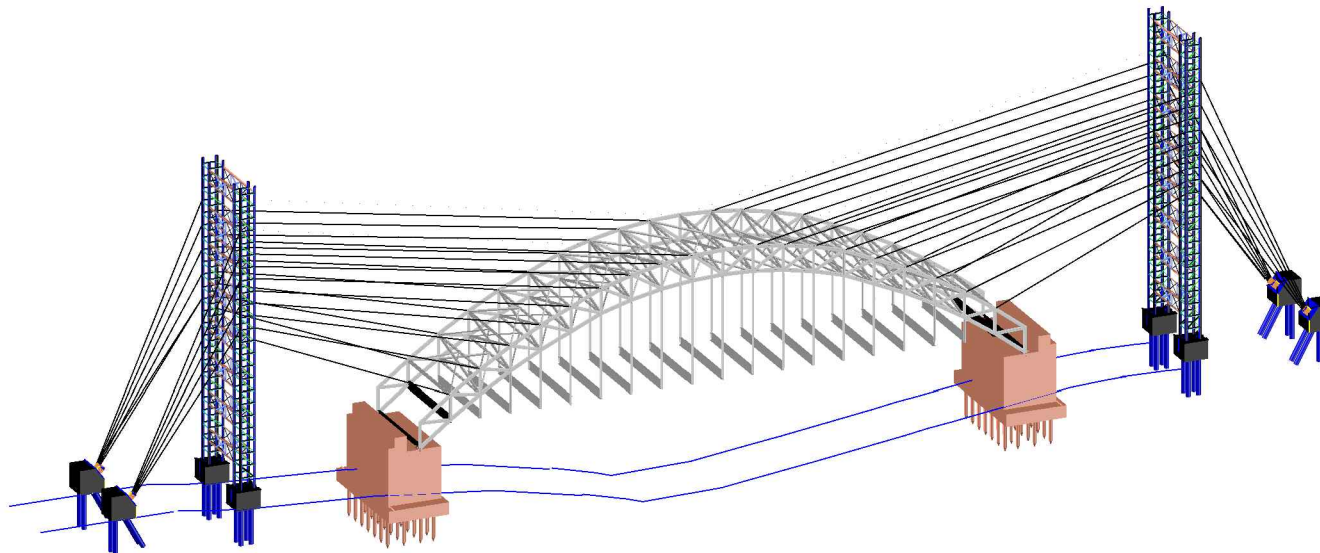


STAGE 9 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 9
SKALA 1 : 400

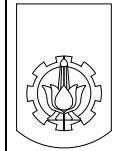


STAGE 10 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 10
SKALA 1 : 400

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	
JUDUL PROYEK AKHIR	
MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN KALIBAMBANG KAB. BLITAR - KAB. MALANG MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA	
DOSEN PEMBIMBING	
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	
NAMA MAHASISWA	
Farid Rozaq Laksono	
NAMA GAMBAR	
STAGE 10	
SKALA GAMBAR	
1 : 400	
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR



STAGE 11 PEMASANGAN BUSUR SEGMENT 11
SKALA 1 : 400



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR - KAB. MALANG
MENGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

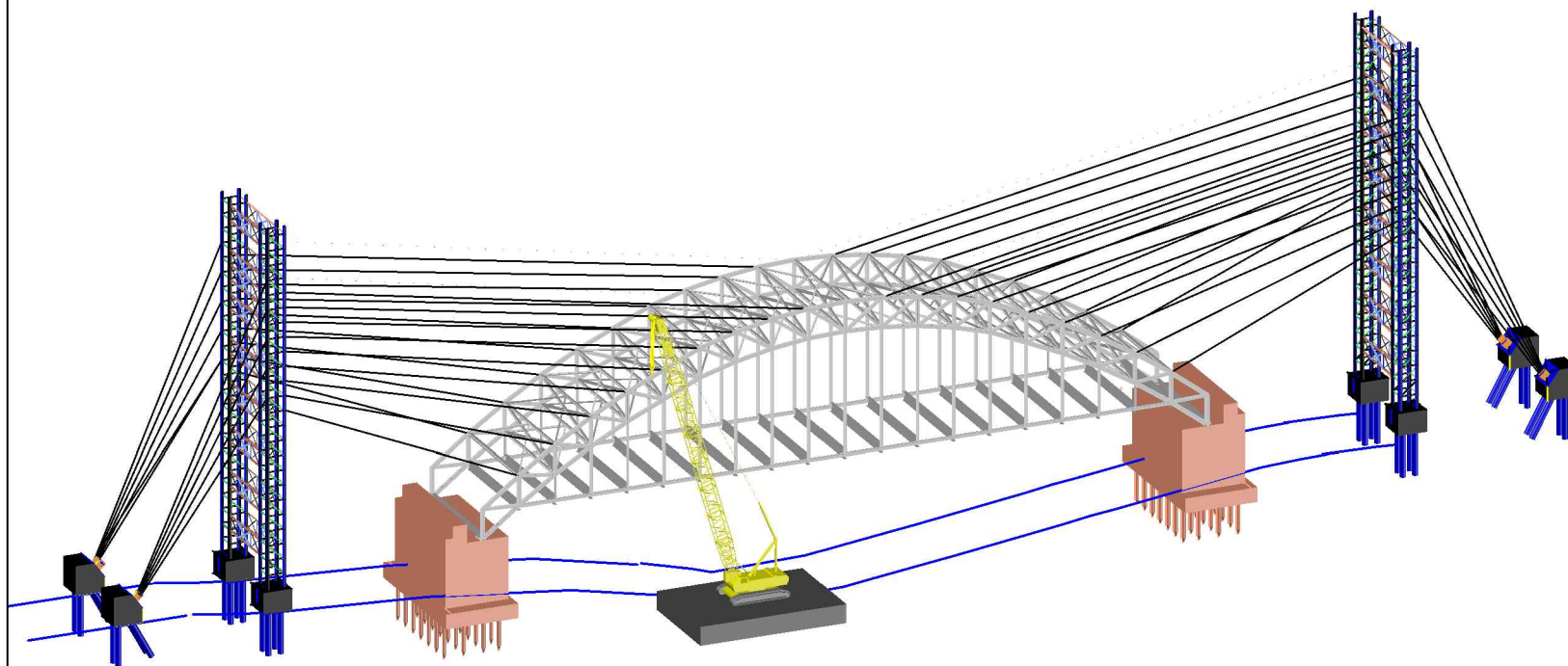
STAGE 11

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR



STAGE 12 PEMASANGAN BALOK TEPI
SKALA 1 : 400



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR - KAB. MALANG
MENGGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

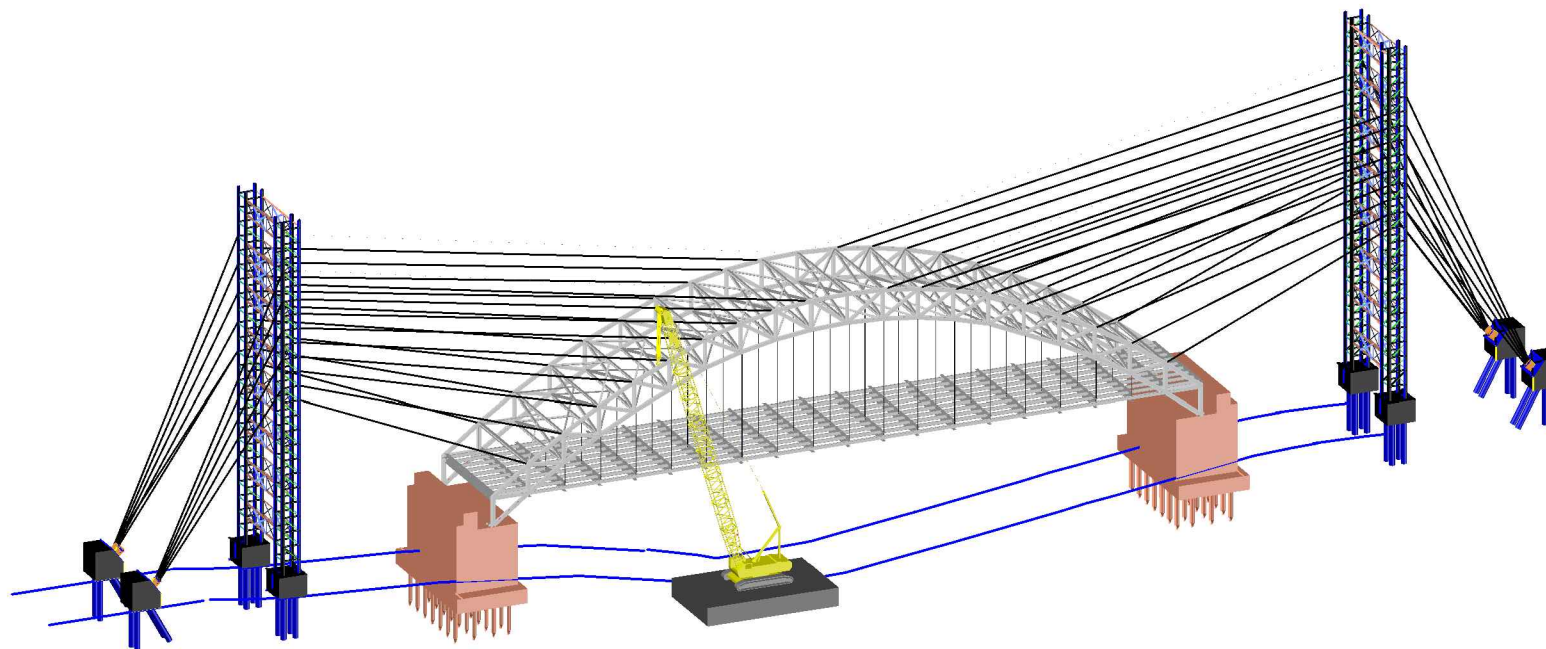
STAGE 12

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR



STAGE 13 PEMASANGAN BALOK MEMANJANG DAN IKATAN ANGIN BAWAH
SKALA 1 : 400



JUDUL PROYEK AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN
JEMBATAN KALIBAMBANG
KAB. BLITAR - KAB. MALANG
MENGUNAKAN BUSUR
RANGKA BAJA

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Djoko Irawan, MS

NAMA MAHASISWA

Farid Rozaq Laksono

NAMA GAMBAR

STAGE 13

SKALA GAMBAR

1 : 400

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR